

---

# **DIPLOMARBEIT**

---

Herr Ing.

**Christian Josef Hemetsberger**

## **Einsatz moderner Datenträger im Produktions- und Qualitätsma- nagement**

Berg im Attergau, 2014

# **DIPLOMARBEIT**

---

## **Einsatz moderner Datenträger im Produktions- und Qualitätsma- nagement**

Autor:

**Herr Ing.**

**Christian Josef Hemetsberger**

Diplomstudiengang:

**Wirtschaftsingenieurwesen**

Seminargruppe:

**KW09w2VA**

Erstprüfer:

**Prof. Dr. Dr. h.c. Hartmut Lindner**

Zweitprüfer:

**Prof. Dr. rer. oec. Johannes N. Stelling**

Einreichung:

**Berg im Attergau, August 2014**

Verteidigung

**2014**

---

## **Bibliographische Beschreibung:**

Hemetsberger, Christian Josef

Einsatz moderner Datenträger im Produktions- und Qualitätsmanagement –2014–  
98 Seiten, 59 Abbildungen, 8 Tabellen

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), Fakultät Wirtschaftswissenschaften,  
Diplomarbeit 2014

## **Referat:**

Die Eternit-Werke mit Sitz in Vöcklabruck (Oberösterreich) wollen auch in den nächsten Jahren führender Hersteller für Dach- und Fassadenprodukte bleiben. Bereits seit mehr als 100 Jahren behauptet sich das Unternehmen Eternit durch Flexibilität, Qualität und Stabilität.

Lässt man die vergangenen Jahrzehnte Revue passieren, so erlebte die Industrie während der Jahre tiefgreifende Veränderungen. Angefangen mit der Dampfmaschine haben später die Elektrizität und der Computer für massive Fortschritte in der Industrie gesorgt. Als Produktionsunternehmen bleibt es unvermeidlich dem „Trend“ der industriellen Revolution zu folgen, um mit der eigenen Produktion und dem eigenen Produkt gegenüber dem Wettbewerb gewisse Vorteile zu erzielen.

Der Fokus der Produktion liegt schon lange nicht mehr in der Massenfertigung, sondern auf individuellen, auf die Wünsche der Endkunden zugeschnittenen Produkten. Denn durch diese Dinge, auf die Bedürfnisse des Kunden einzugehen, hebt sich ein Unternehmen massiv vom Wettbewerb ab und sichert sich dadurch nachhaltig seine Marktposition. Damit Eternit diese Markterfordernisse mit Erfolg meistert steht nicht nur die Produktion, sondern vor allem das Produktions- und Qualitätsmanagement vor einer wichtigen Aufgabe.

Aktuell steht die Produktion vor einem neuen Durchbruch. Unter dem plakativen Namen „Industrie 4.0“ sorgen derzeit die Informations- und Kommunikationstechnologie, sowie deren Vernetzung weit über die Unternehmensgrenzen hinaus für eine neue Revolution. Für Eternit bedeutet dieser Einzug der „neuen“ Technologie eine Anpassung der Produktion, wobei im Zuge dieser Arbeit diese Systeme der Informations- und Kommunikationstechnik als Unterstützung im Produktions- und Qualitätsmanagement ausgewählt und in ihrer Funktion bestätigt werden sollen. Die Risiken und Chancen werden dabei abschließend durch Investitionsentscheidungsverfahren transparent dargelegt, um eine optimale Entscheidungsbasis für den Investor zur Verfügung zu stellen.

<b>Bibliographische Beschreibung .....</b>	<b>I</b>
<b>Referat .....</b>	<b>I</b>
<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>II</b>
<b>Abbildungsverzeichnis:.....</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis: .....</b>	<b>V</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1. Problemstellung .....	1
1.2. Zielsetzung.....	2
1.3. methodisches Vorgehen .....	3
<b>2. Produktions- und Qualitätsmanagement.....</b>	<b>5</b>
2.1. Grundlagen der betrieblichen Leistungserstellung .....	5
2.1.1. Das wirtschaftliche Handeln .....	5
2.1.2. Die Basisfunktionen in einem Produktionsunternehmen .....	6
2.1.3. Die Transformationsebenen im Unternehmen .....	9
2.2. Das Produktions- und Qualitätsmanagement.....	11
2.2.1. Produktionsmanagement.....	12
2.2.2. Qualitätsmanagement .....	14
2.2.3. Die Entscheidungs- und Planungsebenen.....	16
2.3. Notwendigkeit eines umfangreichen Produktions- und Qualitätsmanagements .....	20
2.4. Einsatz moderner ID-Systeme und –Datenträger in der industriellen Produktion.....	21
2.4.1. industrielle Identifikation allgemein .....	23
2.4.2. unterschiedliche Varianten und Bauformen .....	24
2.4.2.1. Barcode-Systeme.....	25
2.4.2.2. Optical Character Recognition (OCR) und Bildverarbeitung .....	28
2.4.2.3. Chip- und Magnetkarten.....	32
2.4.2.4. RFID.....	34
2.4.3. Eigenschaften, Übersicht, Vergleich der vorgestellten ID-Systeme...	42
<b>3. Das PM und QM der Eternit-Werke Ludwig Hatschek AG .....</b>	<b>44</b>
3.1. das Unternehmen .....	44
3.1.1. die Produktpalette.....	44
3.1.2. der Produktionsprozess.....	46
3.2. derzeitiges Produktions- und Qualitätsmanagement bei den Eternit- Werken .....	50
3.2.1. operative Planungsebene – Arbeitspläne .....	51
3.2.2. Produktionsrückmeldungen .....	53
3.2.3. das Produktionsplanungsprogramm (operative Planungsebene) .....	55
3.2.4. Verwendung der Daten.....	56

3.2.5. Einschränkungen, bzw. Schwachstellen.....	58
<b>4. Weiterentwicklung des PM und QM mittels Einsatz moderner Datenträger...</b>	<b>60</b>
4.1. Anforderungsprofil an das System .....	60
4.1.1. von der Produktion abgeleitetes Anforderungsprofil .....	64
4.2. Auswahl des Datenträgers .....	67
4.3. Möglichkeit der Implementierung in der Produktion .....	68
4.3.1. Verwendung der RFID-Datenträger in der Produktion.....	68
4.3.2. Identifikation und Datenverwaltung mittels RFID-System .....	71
4.3.2.1. Kennzeichnungs- und Identifikationslogik mittels RFID-System.....	71
4.3.2.2. Datenverwaltung .....	73
4.4. Welche Vorteile ergeben sich dadurch?.....	75
<b>5. Investitionsentscheidungsrechnung .....</b>	<b>77</b>
5.1. Investitionsentscheidungsverfahren .....	78
5.1.1. statische Investitionsentscheidungsverfahren .....	78
5.1.2. dynamische Investitionsentscheidungsverfahren .....	79
5.2. Investitionsentscheidungsrechnung .....	80
5.2.1. Kostenvergleichsrechnung .....	80
5.2.2. Rentabilitätsrechnung.....	91
5.2.3. Amortisationsrechnung.....	92
<b>6. Schluss .....</b>	<b>94</b>
6.1. Ergebnisse .....	94
6.2. Maßnahmen und Konsequenz .....	95
<b>Literatur- und Quellenverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis / Glossar.....</b>	<b>IX</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>XI</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung .....</b>	<b>XVIII</b>

### **Abbildungsverzeichnis:**

Abb. 1 Aufbauorganisation vereinfacht .....	7
Abb. 2 Elementarfaktoren nach Gutenberg .....	7
Abb. 3 Transformationsebenen im Unternehmen .....	9
Abb. 4 Kanban-Kreislauf .....	11
Abb. 5 dispositive Faktoren nach Gutenberg .....	12
Abb. 6 Produktionsmanagement als Regelkreissystem.....	13
Abb. 7 Managementebene.....	17
Abb. 8 Entscheidungs- und Planungsebenen .....	19
Abb. 9 Entwicklungsstufen des Produktionsmanagements .....	21
Abb. 10 Übersicht der Identifikations- und Datenerfassungssysteme.....	25
Abb. 11 Zweibreiten- und Mehrbreitencode .....	26

Abb. 12 Barcode - 2D und 3D Technologie.....	27
Abb. 13 schematische Darstellung eines Bildverarbeitungssystems .....	29
Abb. 14 geometrische Merkmale der Bildverarbeitung .....	30
Abb. 15 Merkmalsvektor der Bildverarbeitung.....	31
Abb. 16 komplexe Inspektionsaufgaben, industrielle Bildverarbeitung .....	32
Abb. 17 Magnetkarten-Technologie .....	33
Abb. 18 RFID zwischen Informations- und Objektebene .....	35
Abb. 19 Aufbau von RFID-Systemen .....	36
Abb. 20 Aufbau RFID-Transponder.....	37
Abb. 21 Feldlinienrichtung RFID-System .....	41
Abb. 22 Eternit Wortbildmarke (Quelle: Eternit).....	44
Abb. 23 Ludwig Hatschek um 1900 (Quelle: Eternit).....	44
Abb. 24 Produktsortiment (Quelle: Eternit).....	45
Abb. 25 der Produktionsprozess von Eternit (Primärproduktion) (Quelle: Eternit) .....	46
Abb. 26 die Aufbereitung (Quelle: Eternit).....	46
Abb. 27 die Hatschek-Maschine (Quelle: Eternit).....	47
Abb. 28 die Formgebung und Einblechanlage (Quelle: Eternit).....	47
Abb. 29 der Heizrahmen (Quelle: Eternit) .....	48
Abb. 30 Hydrationswärme.....	48
Abb. 31 die Ausblechanlage (Quelle: Eternit).....	48
Abb. 32 das Rohwaren- und Zwischenlager (Quelle: Eternit) .....	49
Abb. 33 Schneidanlage zur Konfektionierung (Quelle: Eternit).....	50
Abb. 34 Eingrenzung des Produktions- und Qualitätsmanagements.....	51
Abb. 35 Beispiel eines wöchentlichen Produktionsprogrammes KW 06/2014 .....	53
Abb. 36 Beipackzettel auf Produktpalette.....	55
Abb. 37 Kennzahlen als Informationssystem .....	57
Abb. 38 Beipackzettel zur Palettenkennzeichnung (Quelle: Eternit) .....	59
Abb. 39 Produktformat .....	61
Abb. 40 Kennzeichnung im Materialfluss .....	62
Abb. 41 Nutzwertanalyse - Festlegen des Zielsystems .....	65
Abb. 42 Nutzwertanalyse - Bestimmen der Kriteriengewichte .....	66
Abb. 43 Situation Einbringung RFID .....	69
Abb. 44 Palettenkennzeichnung .....	69
Abb. 45 RFID-Portal im Hallenzu- und Hallenausfahrtsbereich (Quelle: Eternit) .....	70
Abb. 46 Lageplan inkl. Materialfluss bei Eternit (Quelle: Eternit) .....	72
Abb. 47 produktionsbezogene Produktionspersonalkosten .....	85
Abb. 48 produktionsbezogene variable Kosten .....	86
Abb. 49 periodenbezogene Fixkosten.....	86
Abb. 50 jährliche Gesamtkosten .....	87
Abb. 51 grafische Darstellung des Kostenvergleiches.....	87
Abb. 52 produktionsbezogene variable Kosten → Abänderung .....	88
Abb. 53 jährliche Gesamtkosten → Abänderung Palettenkennzeichnung .....	88
Abb. 54 grafische Darstellung des Kostenvergleiches mit Break-Even Point .....	89
Abb. 55 Monatsindex Budgetjahr 2014 (Quelle: Eternit).....	90
Abb. 56 grafische Darstellung des Kostenvergleiches mit Break-Even Point .....	91
Abb. 57 Rentabilitätsrechnung .....	92
Abb. 58 Amortisationsdarstellung .....	93
Abb. 59 grafische Amortisationsdarstellung .....	93

**Tabellenverzeichnis:**

Tabelle 1 Übersicht Bauformen RFID-Transponder .....	42
Tabelle 2 qualitative Eigenschaftsmatrix der vorgestellten ID-Systeme.....	43
Tabelle 3 Teilnutzenbestimmung .....	66
Tabelle 4 Teilnutzenbestimmung und Wertesynthese .....	67
Tabelle 5 Anschaffungskosten "altes Investitionsobjekt" .....	82
Tabelle 6 Anschaffungskosten "neues Investitionsobjekt" .....	82
Tabelle 7 Leistungsdaten Plattenmaschine 3 .....	83
Tabelle 8 produktionsbezogene PM-Kosten.....	84

---

## 1. Einleitung

### 1.1. Problemstellung

Die Eternit-Werke Ludwig Hatschek AG, als ein Produktionsunternehmen steht im ständigen Spannungsfeld verschiedener Interessengruppen, zu denen sowohl die Kapitalgeber, als auch die Manager zählen. Somit reflektieren betriebliche Ziele neben den Markterfordernissen, die hauptsächlich durch die Bedürfnisse des Kunden bestimmt sind, auch Machteinflüsse der beteiligten Interessensgruppen. Besonders der Zwang mit den eigenen Produkten marktfähig zu sein, bzw. auf dem Markt gewisse Konkurrenzvorteile zu erzielen, nicht nur preislich, sondern auch qualitativ, stellen mit dem zeitlichen Aspekt der Lieferzeit und der Verfügbarkeit der Produkte ein natürliches Ziel eines jeden Unternehmens dar.

Wird nun die eine Facette der Leistungserstellung des Unternehmens betrachtet, trägt die Erhaltung, bzw. Schaffung einer wettbewerbsfähigen Produktion einen wichtigen Beitrag zur Erreichung dieses Oberziels bei.<sup>1</sup> Das Produktionsmanagement steht nun vor der wichtigen Aufgabe, auf Basis der sich stark verändernden Kundenanforderungen und Wirtschaftsbedingungen das Produktionssystem kurz-, mittel und langfristig auszurichten und dabei vor allem das Oberziel nicht aus den Augen zu verlieren.<sup>2</sup> Dabei greift das Produktionsmanagement auf Daten des laufenden Leistungserstellungsprozesses zurück. Kurz gesagt bauen die Entscheidungen des Produktionsmanagements auf den ständigen Rückmeldeinformationen des Produktionsergebnisses auf. Die Qualität der Rückmeldeinformation, das heißt die richtigen Daten, zum richtigen Zeitpunkt, am richtigen Ort, ist dabei ausschlaggebend für die Wirksamkeit getroffener Entscheidungen<sup>3</sup>.

Auch die Erkenntnis, dass Produktionsdaten, sei es die qualitative Eigenschaft der Rohstoffe, bis hin zu Maschinenparameter und Durchlaufzeiten des Produkts durch die Produktion nutzbringend im Produktionsmanagement eingesetzt werden können, gewann in den letzten Jahren in vielen KMU's, besonders in unserem eigenen Unternehmen an Bedeutung<sup>4</sup>.

Diese Philosophie des Informationsflusses wird auch bei den Eternit-Werken gepflegt, nur auf manuelle Weise. Das heißt, dass Materialentnahmescheine, Mate-

---

<sup>1</sup> Vgl. Härdler (2007), S. 272

<sup>2</sup> Vgl. RWTH-Aachen (2010), S. 3

<sup>3</sup> Vgl. Härdler (2007), S. 270

<sup>4</sup> Vgl. Kenneth (2010), S. 216



rialqualitäten, aber auch Laufzettel die das Produkt von Beginn an begleiten und in jeder Produktionsstufe Informationen aufgedruckt bekommen, vom Personal ausgefüllt und zentral weiterverarbeitet werden. Wie so oft sind auch hier Fehler bei der Aufzeichnung, wie beispielsweise durch Unleserlichkeit ein ständiger Begleiter einer manuellen Bearbeitung. Auch die Bearbeitungszeit durch die manuelle Datenerfassung und späterer Einpflege der Daten in ein computerunterstütztes System ist relativ zeitintensiv, bzw. wird dieses System den Anforderungen einer möglichst zur Produktion zeitnahen Rückmeldeinformation nicht gerecht.

Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Problematik der Optimierung des Informationsfluss in der Produktion, unter Verwendung moderner Datenträger und dabei die Anforderungen des Produktionsmanagements, aber auch des Qualitätsmanagements zu berücksichtigen.

Die Eternit-Werke Ludwig Hatschek AG mit Sitz in Vöcklabruck (Oberösterreich) sind mit rund 350 Mitarbeitern ein mittelgroßes Unternehmen und versorgen mit den dort produzierten Produkten, vor allem den lokalen Baubetrieb mit umfangreichen Dacheindeckungs-, aber auch Fassadenprodukten.

Im Zuge der derzeit fokussierten Rationalisierung der Produktionsanlage, wo vor allem auf die Automatisierung ein großes Augenmerk gelegt wurde, erlebt die Produktion als physische Wertschöpfung vor dem Hintergrund der letzten Jahre und den dabei erkannten Gefahren eine gewisse Renaissance<sup>5</sup> – wie die Fachzeitschrift „Unternehmen der Zukunft“ schreibt. Dabei gewann die effiziente Wertschöpfung in der Produktion, als auch die informatorische Vernetzung der an der Produktion beteiligten Gruppen am Hochlohnstandort Österreich an Bedeutung.

## 1.2. Zielsetzung

Um nun das Produktions-, als auch das Qualitätsmanagement effizienter zu gestalten, eine gewisse Transparenz des Produktionsbetriebes für die Managementebene sicherzustellen und dabei insbesondere die Qualität, wie auch die Vollständigkeit der Rückmeldeinformationen sicherzustellen, soll ein optimiertes Informationssystem in der Produktion etabliert werden.

---

<sup>5</sup> Vgl. RWTH-Aachen (2010), S. 3

Das speziell auf die vorherrschenden Produktionsbedingungen, aber auch auf die Produkte angepasste Informationssystem soll dabei laufende Rohstoffeinträge und Produktionsparameter, wie Rohstoffmischung, Maschinenparameter usw. aus der laufenden Produktion aufzeichnen und diese möglichst zeitnah für die entsprechenden Verwendungsgruppen aufbereitet übermitteln.

Als weitere Zielsetzung sollen durch das entsprechende Informationssystem auch qualitative Zielsetzungen des Qualitätsmanagement unterstützt werden. In der Produktion werden dabei nach dem Grundsatz der permanenten Qualitätssicherung in jeder Fertigungsstufe die Qualität des Inputs und des Outputs festgehalten. Um auch diese Qualitätsparameter gemäß dem Fortschritt der Informationstechnik anzupassen, sollen auch diese Parameter parallel zu den Produktionsinformationen mittels moderner Datenträger aufgezeichnet, verwaltet und entsprechend aufbereitet werden.

Bei den Eternit-Werken wird im Produktionsmanagement derzeit mit einem veralteten, bzw. nicht lückenlosen Informationssystem gearbeitet.

Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich nun mit der Problematik der Aufzeichnung von Rückmeldeinformationen aus der laufenden Produktion und deren Weiterverarbeitung, sowie der Aufbereitung für die entsprechenden Verwendungsgruppen und dies möglichst zeitnah zur Produktion.

### 1.3. methodisches Vorgehen

Um sich dabei mit dem Thema des Produktions- und Qualitätsmanagements besser vertraut zu machen wird allem voran die Grundlage der betrieblichen Leistungserstellung, konkret aber das wirtschaftliche Handeln in einem Produktionsunternehmen näher gebracht. An der betrieblichen Leistungserstellung sind dabei bei den Eternit-Werken, als auch bei vielen anderen vergleichbaren Produktionsunternehmen eine Vielzahl an Akteuren tätig, die die sogenannten Basisfunktionen des Transformationsprozesses darstellen.

Das Mitwirken dieser Basisfunktionen an einem Transformationsprozess zur Güterproduktion, zu denen die Beschaffung als Schnittstelle zum Beschaffungsmarkt, sowie die Produktion und der Absatz als Schnittstelle zum Absatzmarkt zählen,

stellt dabei eine Herausforderung an das Produktions- und ebenso an das Qualitätsmanagement dar.

Besonders nach näheren Einblicken in die Thematik des PM und QM wird die Wichtigkeit eines sauber funktionierenden Informationssystems in der Leistungserstellung eines jeden Produktionsunternehmens ersichtlich.

Der weiterführende Gedankengang gilt dabei den Möglichkeiten zur Unterstützung des PM und QM, mithilfe moderner Datenträger der industriellen Identifikation.

Da der Markt der industriellen ID vor allem in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte erlebt hat, sind mittlerweile eine Vielzahl an Technologien am Markt verfügbar, die durch ihre spezifischen Vor- und Nachteile in der Anwendung geprägt sind.

Bei den Eternit-Werken kristallisieren sich derzeit massive Schwachstellen am geführten Informationssystem zu Unterstützung des PM und QM heraus. Durch eine veraltete Technologie ist nicht nur der zeitliche Aspekt, sondern auch die Qualität der Rückmeldeinformationen kritisch hinterfragt worden. Im Zuge der Weiterentwicklung des Informationssystems wird durch Entscheidungs- und Auswahlverfahren eine geeignete Technologie zur industriellen ID bei den Eternit-Werken ausgewählt. Die Implementierung dieser Technologie verspricht dabei eine Vielzahl an Vorteilen, die im Zuge der Durchführung der Investitionsentscheidungsrechnung bestätigt werden sollen.

In der Schlussbetrachtung werden die Ergebnisse der Optimierung des PM und QM unter Einsatz moderner Datenträger wiedergespiegelt, bzw. wird ausführlich erläutert welche Chancen sich dadurch für die Eternit-Werke ergeben und wo ab sofort Einsparpotential genutzt werden kann.

Anhand der erfolgreich angewandten Investitionsentscheidungsrechnung, werden zum Abschluss dieser Arbeit wichtige Informationen für den Entscheidungsprozesses des Investors aufbereitet. Dieses Kalkül kann dabei sowohl auf andere Investitionen umgelegt, als auch bei weiteren vergleichbaren Projekten bei den Eternit-Werken nutzbringend eingesetzt werden.

## **2. Produktions- und Qualitätsmanagement**

### 2.1. Grundlagen der betrieblichen Leistungserstellung

Unternehmen verschiedener Branchen weisen unterschiedlichste Ausrichtungen in der Zieldefinition auf, um für sich Erfolge zu erwirtschaften. Bevor die Thematiken des Produktions- und Qualitätsmanagements angesprochen werden, wird noch der Ablauf in einem Produktionsunternehmen näher gebracht, bzw. alle im Produktionsprozess involvierten Funktionsbereiche erläutert, die durch das Management gesteuert, koordiniert und kontrolliert werden, um die Erfolgsziele zu erreichen.

#### 2.1.1. Das wirtschaftliche Handeln

Allgemein definiert wird unter Wirtschaften das Handeln auf dem Gütermarkt verstanden, speziell mit der Absicht die Bedürfnisse der Kunden zu befriedigen. Dabei nehmen Unternehmen als Akteure auf dem Gütermarkt die Position der Bedürfnisbefriedigung ein. Im Gegensatz dazu die Kunden, bei denen durch die bereitgestellten Güter ein gewisser Nutzen gestiftet wird.

Diese gegenseitigen Handlungen der Güterbereitstellung, bzw. des späteren Güterkonsums durch den Kunden wird als allgemeines Sachziel der Unternehmung definiert. Um auf dem Markt gewisse Vorteile gegenüber den vielen Akteuren zu schaffen, werden spezielle Sachziele definiert, die je nach den Bedürfnissen festlegen, welche Produkte hergestellt und auf dem Markt verkauft werden sollen. Mit den daraus abgeleiteten Formalzielen soll für die Unternehmung festgelegt werden wie die Produktion der Produkte gestaltet werden muss, um vor allem:

- wirtschaftliche – Gewinnerzielung, Kostendeckung, Wirtschaftlichkeit
- technische – Flexibilität der Produktion
- soziale – gesellschaftliche Verantwortung, humane Arbeitsbedingungen
- ökologische – Umweltschutz<sup>6</sup>

Ziele als Erfolgsfaktor für das Unternehmen sicherzustellen.

Ordnet man den verschiedenen Zielen Unternehmen, bzw. Institutionen zu, so wird ein Personalbüro sicherlich Formalziele auf sozialer Basis verfolgen, dass die Arbeitsplatzsicherheit, die Attraktivität der Tätigkeit und natürlich der dafür entrichtete Verdienst der Interessenslage der Mitarbeiter entspricht.

---

<sup>6</sup> Vgl. Kummer (2006), S. 16

Die Eternit-Werke als Zulieferer für Dach- und Fassadeneindeckungen, im speziellen aber die Produktion samt Schnittstellen zum Beschaffungs- und Absatzmarkt werden hier bei den wirtschaftlichen Formalzielen einzuordnen sein, da die Wirtschaftlichkeit in der Herstellung und somit auch die Gewinnerzielung vordergründig sind.

Da es sich bei den Eternit-Werken, sowie bei allen anderen vergleichbaren Betrieben, um eine produzierende Wirtschaftseinheit handelt, wird bei der Darstellung der betrieblichen Funktion die Produktion zur Erreichung dieser Formalziele in den Mittelpunkt gestellt. Dabei kann aus ökonomischer Sicht die Produktion allgemein als die Kombination von Gütern und Dienstleistungen und deren Transformation in andere, meist höherwertigere Güter und Dienstleistungen definiert werden.<sup>7</sup> Das Management ist übergreifend für die Führung des güter- und produktionswirtschaftlichen Teils der Unternehmung verantwortlich und führt selbstbestimmende Planungen und Entscheidungen aus. Somit wird üblicherweise die Aufgabe des Managements mit der Planung (und Entscheidung), Steuerung sowie der Kontrolle beschrieben.<sup>8</sup>

#### 2.1.2. Die Basisfunktionen in einem Produktionsunternehmen

Zur Zielerreichung greifen hier die Eternit-Werke auf eine funktionale Organisationsform zurück. Funktional in dem Sinn, dass nach der Theorie gleichartige Aufgaben zu einem Funktionsbereich zusammengefasst werden.

So sind neben der Produktion noch andere Grundfunktionen eines Industrieunternehmens beteiligt. So stellt beispielsweise die Beschaffung eine zum Produktionsprozess vorgelagerte Funktion, bzw. der Absatz der Produkte eine nachgelagerte Funktion dar.

Grundsätzlich können die Funktionen in unterschiedlichste Abstraktionsgrade abgebildet werden, aber um das Ganze zu Beginn dennoch möglichst kompakt zu betrachten werden in Abbildung 1 grundlegende, existierende Beziehungen der Funktionen, bzw. Teilbereiche abgebildet.

---

<sup>7</sup> Vgl. Kistner (2002), S. 18

<sup>8</sup> Vgl. Kiener (2009), S. 4

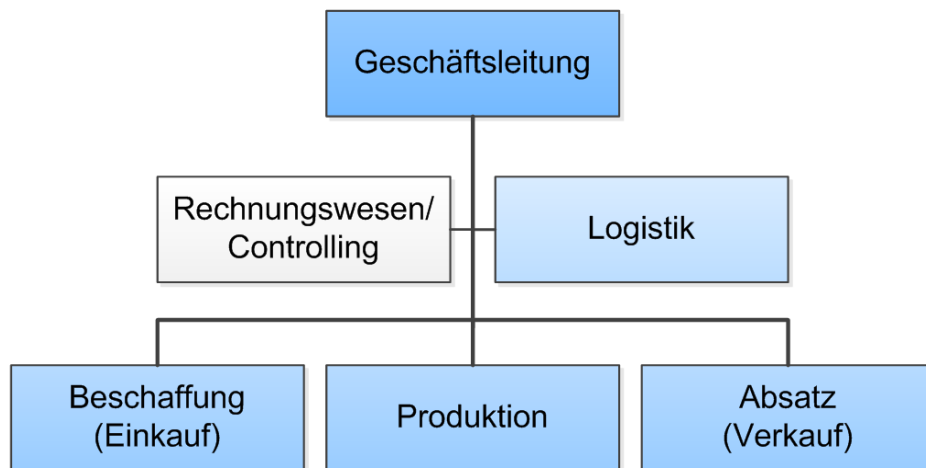
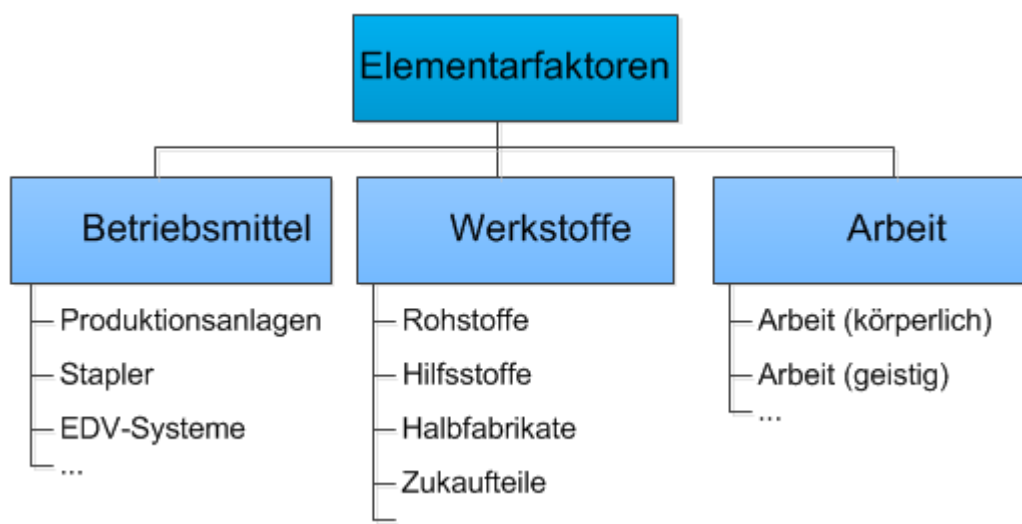


Abb. 1 Aufbauorganisation vereinfacht

Die Beschaffung hat in einem Produktionsunternehmen die spezielle Aufgabe, die für die Leistungserbringung, sei es die Sachgüterproduktion oder Dienstleistungsproduktion, notwendige Materialversorgung sicherzustellen.

Versorgt werden die Unternehmen grundsätzlich mit allen Produktionsfaktoren, die nicht selbst erstellt werden können. Nach dem Gutenberg'schen Schema wurden dabei aus einer Vielzahl von Gütern und Dienstleistungen Produktionsfaktoren gebildet, die sich nach gemeinsamen Merkmalen kategorisieren lassen. Nach Abbildung 2 können demnach für die Basisfunktion Beschaffung, die Produktionsfaktoren in die Elementarfaktoren Betriebsmittel, Werkstoffe und Arbeit unterschieden werden.<sup>9</sup>

Abb. 2 Elementarfaktoren nach Gutenberg<sup>9</sup>

Die Beschaffung als Basisfunktion, welche am Anfang der Wertschöpfungskette anzusiedeln ist, trägt somit die Aufgabe mit den von der Produktion kommenden

<sup>9</sup> Vgl. Gutenberg (1990), S. 27

Informationen, auf Basis einer Bedarfsmeldung, die geforderten Elementarfaktoren in der entsprechenden Art, Menge, Qualität und zum richtigen Zeitpunkt, am richtigen Ort sicherzustellen.<sup>10</sup>

Als wichtige Schnittstelle gilt das Wareneingangslager, aus denen die Produktion die bereitgestellten Faktoreinheiten laufend entnimmt.

Durch die Produktion als Basisfunktion wird nun durch den gezielten Einsatz der Arbeitsleistung der Werkstoff auf den Betriebsmitteln bearbeitet. In der Literatur spricht man hier von einem Transformationsprozess in der Produktion, da durch die Kombination der Faktoreinheiten eine qualitative Veränderung der Inputobjekte (Werkstoff) erreicht wird. Eine qualitative Veränderung mit dem Ziel der Nutzenerhöhung. Somit stellt die Funktion der Produktion den Wertschöpfungsprozess eines jeden Betriebes dar.<sup>11</sup>

Der Absatz oder auch Vertrieb stellt nun als eine Basisfunktion das Bindeglied zwischen dem Unternehmen und dem Kunden dar. Der geplante Absatz von Sachgütern und Dienstleistungen, der durch die gezielt gesetzten Marketingmaßnahmen Kunden akquiriert, ist dabei Grundlage für alle zuvor genannten Basisfunktionen. So löst ein neuer Auftrag, der über den Vertrieb aufgenommen wird in der Beschaffung eine Bestellung am Beschaffungsmarkt aus, mit dessen Werkstoffen und Arbeitsmitteln das gewünschte Produkt erzeugt und von der Logistik bereitgestellt wird.<sup>12</sup> Es ergibt sich somit ein Informationsfluss vom Kunden über den Vertrieb zum Beschaffungsmarkt.

Die beiden betrieblichen Basisfunktionen Beschaffung und Produktion stellen somit die betriebliche Leistungserstellung dar, wobei der spätere Absatz den Punkt der betrieblichen Leistungsverwertung vertritt.<sup>13</sup>

Eine solche Unterteilung des Unternehmens führt allgemein bekannt zu einer Schnittstellenproblematik, wodurch häufig funktionsübergreifende und prozessorientierte Managementkonzepte angewandt werden, die als Querschnittsfunktionen bezeichnet werden. Eine solche Querschnittsfunktion stellt speziell in Produktionsunternehmen die Logistikfunktion dar, die in die Produktionslogistik eingebunden die gesamte Koordination des Material- und auch des dazugehörigen Informa-

---

<sup>10</sup> Vgl. Kummer (2006), S. 16

<sup>11</sup> Vgl. Dyckhoff (2005), S. 3

<sup>12</sup> Vgl. Winkelmann(2010), S. 36

<sup>13</sup> Vgl. Kiener (2009), S. 4

tionsflusses über die Wertschöpfungskette vom Lieferanten bis hin zum Kunden über hat.<sup>14</sup>

### 2.1.3. Die Transformationsebenen im Unternehmen

Nachdem nun die Basisfunktionen der betrieblichen Leistungserstellung erwähnt wurden, kann der Transformationsprozess im Unternehmen näher betrachtet werden. In Abbildung 3 sind nun die wechselseitigen Beziehungen, bzw. Veränderungen zwischen den Basisfunktionen, wie wir sie zuvor kennengelernt haben, als Transformationsprozess verdeutlicht.

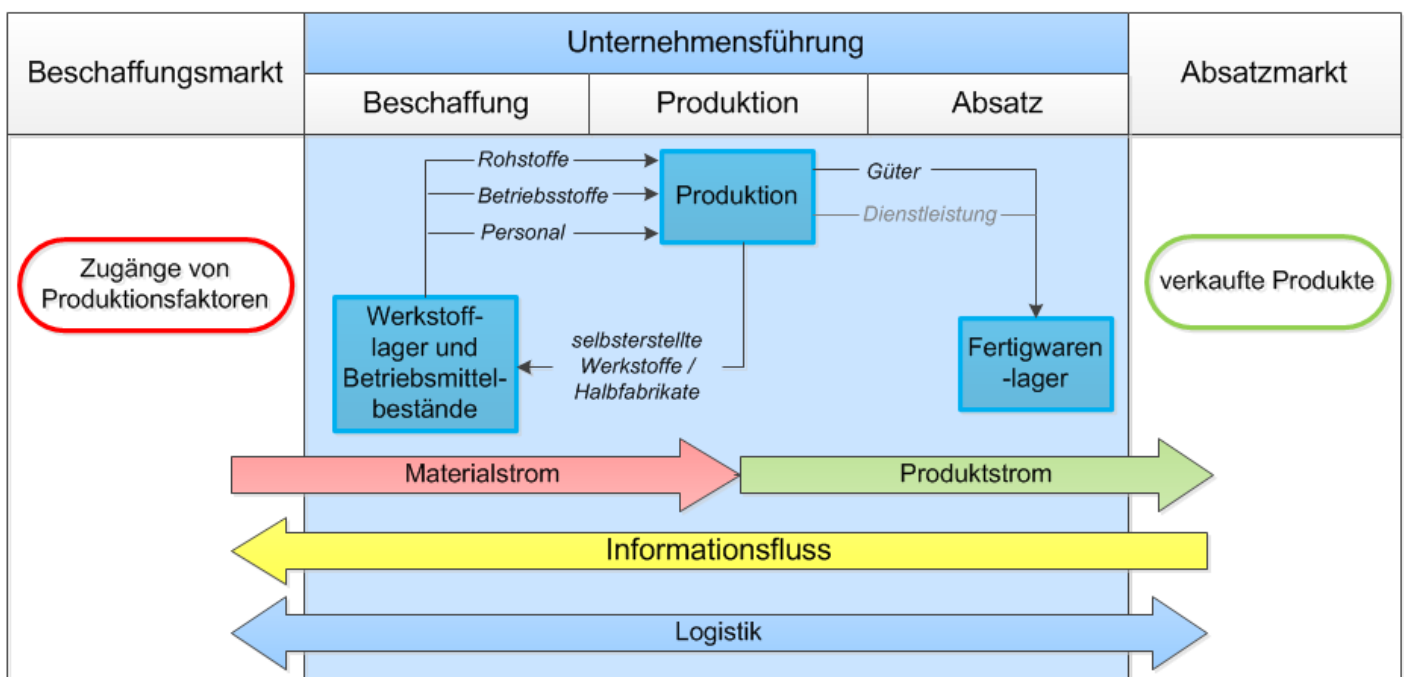


Abb. 3 Transformationsebenen im Unternehmen<sup>15</sup>

Will man den Ablauf im Unternehmen auf der Transformationsebene näher betrachten, so kann mithilfe der angefertigten Abbildung 3 dieser nachvollziehbar erklärt werden:

Es beginnt alles auf dem Absatzmarkt. Dort entsteht der Wunsch nach einem speziellen Produkt, in unserem Fall das Bedürfnis nach einer Dacheindeckung für das Eigenheim. Diese Information wird vom Verkaufsaußendienst, als das Verbindungsglied zwischen Absatzmarkt und Unternehmen, nach innen kommuniziert. Das heißt, die Information wird an das Unternehmen weitergegeben. Das Unter-

<sup>14</sup> Vgl. Bloech (2004), S. 5

<sup>15</sup> Vgl. Kummer (2006), S. 22-25



nehmen mit der Basisfunktion Absatz als kundennächste Stelle kann Produkte direkt ab Fertigwarenlager für den Kunden bereitstellen. Die Entnahme einer Fertigware aus dem Lager löst intern eine Produktionsmeldung für die Produktion aus. Die für die Produktion notwendigen Roh- und Hilfsstoffe werden aus dem Werkstofflager entnommen, wodurch eine weiter vorgelagerte Basisfunktion informiert wird, in diesem Fall die Beschaffung, die die mengen-, art- und termingerechte Bereitstellung der Elementarfaktoren, wie wir sie zuvor kennengelernt haben, einleitet.

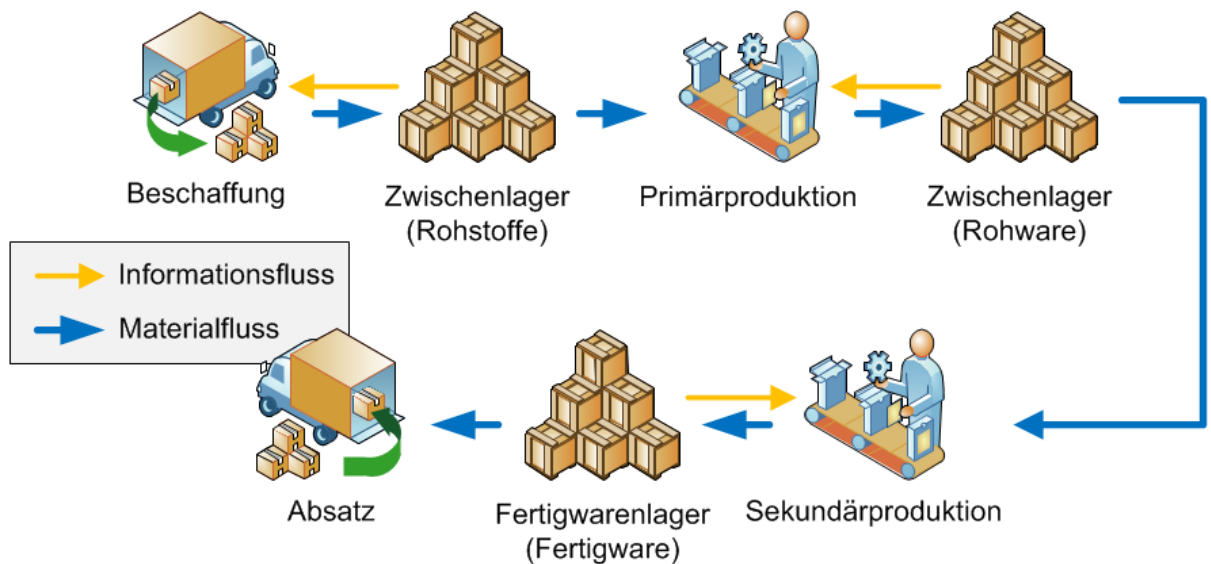
An dieser kurz, aber prägnant dargestellten Unternehmensaktivität wird ersichtlich, dass der Hauptinformationsfluss der Produktion stets rückwärts ist, also vom Kunden zum Lieferanten. Auf der internen dispositiven Ebene, also innerhalb des Unternehmens betrifft dieser Informationsfluss die genaue Abstimmung des Produktionsplans, bzw. zwischen Unternehmen und Lieferant einerseits und dem Kunden andererseits die Bestellung von Rohstoffen oder dem Verkauf der Produkte.<sup>16</sup>

Betrachtet man den Materialstrom, so verläuft dieser genau entgegengesetzt jenem des Informationsflusses, also vom Lieferanten bis hin zum Kunden. Dabei werden Rohstoffe und Materialien angeschafft, dieser Input in der Produktion zu verkaufsfähigen Gütern weiterverarbeitet, um auf dem Absatzmarkt für den Kunden bereitgestellt werden zu können.

Ein besonderes Konzept, bzgl. Optimierung des Materialflusskonzeptes stellt das Kanban-Konzept dar. Ziel dieses Konzeptes ist es, die Bestände und dadurch entstehende Kosten möglichst zu senken. Dabei wird das Unternehmen in die verschiedenen Funktionseinheiten unterteilt (mehrstufige Kanban) und ein Versorgungskreislauf zwischen den Funktionseinheiten des Unternehmens dargestellt.

---

<sup>16</sup> Vgl. Kummer (2009), S. 24-25

Abb. 4 Kanban-Kreislauf<sup>17</sup>

Wie in Abbildung 4 dargestellt erfolgt die Unterteilung in die Einheiten Beschaffung, Produktion (die sich in die Primär- und Sekundärproduktion unterteilt) und Absatz. Das spezielle an einer Kanban-Fertigung sind die Zwischenlager nach jeder Funktion, die eine Art Pufferfunktion haben und den Verbrauch nächstfolgender Funktionseinheiten decken. Bei Entnahme z.B. von Rohstoffen für die Primärproduktion wird an die Funktionseinheit Beschaffung ein Verbrauch signalisiert. Dabei sind immer Sicherheitsbestände an den Zwischenlagern festgelegt und nach Verbrauch einer wirtschaftlichen Bestellmenge wird eine Bestellung ausgelöst und das Zwischenlager wieder gefüllt.

Vorteil eines solchen Kreislaufes ist die Sicherstellung der Materialversorgung bei minimalen Beständen und den dadurch anfallenden Lagerhaltungskosten.<sup>17</sup>

## 2.2. Das Produktions- und Qualitätsmanagement

Die Grundzüge der Güterproduktion und der damit verbunden Funktionseinheiten sind nun bekannt. Um aber für das Unternehmen einerseits eine wirtschaftliche Produktion zu ermöglichen und für den Kunden andererseits die von ihm gewünschten Bedürfnisse zu befriedigen, werden über die Produktion und den damit miteingeschlossenen Funktionseinheiten Managementkonzepte gesetzt die als:

- planende
- steuernde und
- kontrollierende

<sup>17</sup> vgl. Becker (2008), S. 84-88

Tätigkeiten in die Produktion eingreifen. Diese menschlichen Tätigkeiten werden nach dem Gutenberg'schen System unter den dispositiven Faktoren (Abb. 5) eingeordnet und haben allgemein das Ziel eines geordneten betrieblichen Prozesses. Die menschlichen Entscheidungen beruhen dabei auf Grundsätzen wie z.B. möglichst wirtschaftlich, das heißt sparsam zu produzieren oder gewisse gesellschaftliche oder ökologische Grundsätze zu verfolgen.<sup>18</sup>

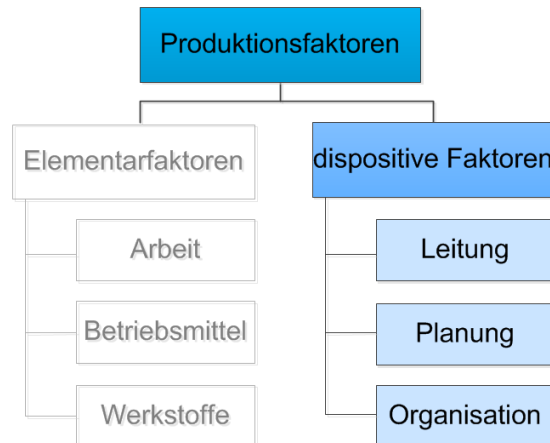


Abb. 5 dispositive Faktoren nach Gutenberg<sup>18</sup>

Auf die Bereiche der Produktion und Qualitätssicherung können die Managementsysteme

- Produktionsmanagement
- Qualitätsmanagement

heruntergebrochen werden die bzgl. der vorliegenden Arbeit höchste Relevanz haben und im Folgenden näher betrachtet werden.

### 2.2.1. Produktionsmanagement

Der Produktionsprozess zur Erstellung der Güter stellt eine Kombination der zuvor kennengelernten Produktionsfaktoren dar. Dabei können Güter auf verschiedenste Art und Weise, sei es mit unterschiedlichen Maschinen (Betriebsmittel) oder auch mit anderen vielleicht billigeren Rohstoffen (Werkstoff) hergestellt werden. Es entstehen dabei gewisse Freiheitsgrade, die zu unterschiedlichen Kosten in der Produktion, aber auch zu qualitativen Unterschieden führen können. Um das Ganze aber möglichst zu vereinheitlichen, können z.B. Arbeitsvorgänge festgelegt werden, in der die Art und Weise wie Produktionsfaktoren zu Produkten transformiert werden genauestens festgelegt ist. Aufgabe des Produktionsmanagements ist es

<sup>18</sup> Vgl. Gutenberg (1990), S. 27

nun aus den möglichen Alternativen, im Sinne der zielgerichteten Festlegung des zukünftigen Handelns, Handlungsvorschläge zu erarbeiten (Planung), diese durchzusetzen (Steuerung) und durch zeitnahe Überwachung (Kontrolle) zu sichern.<sup>19</sup>

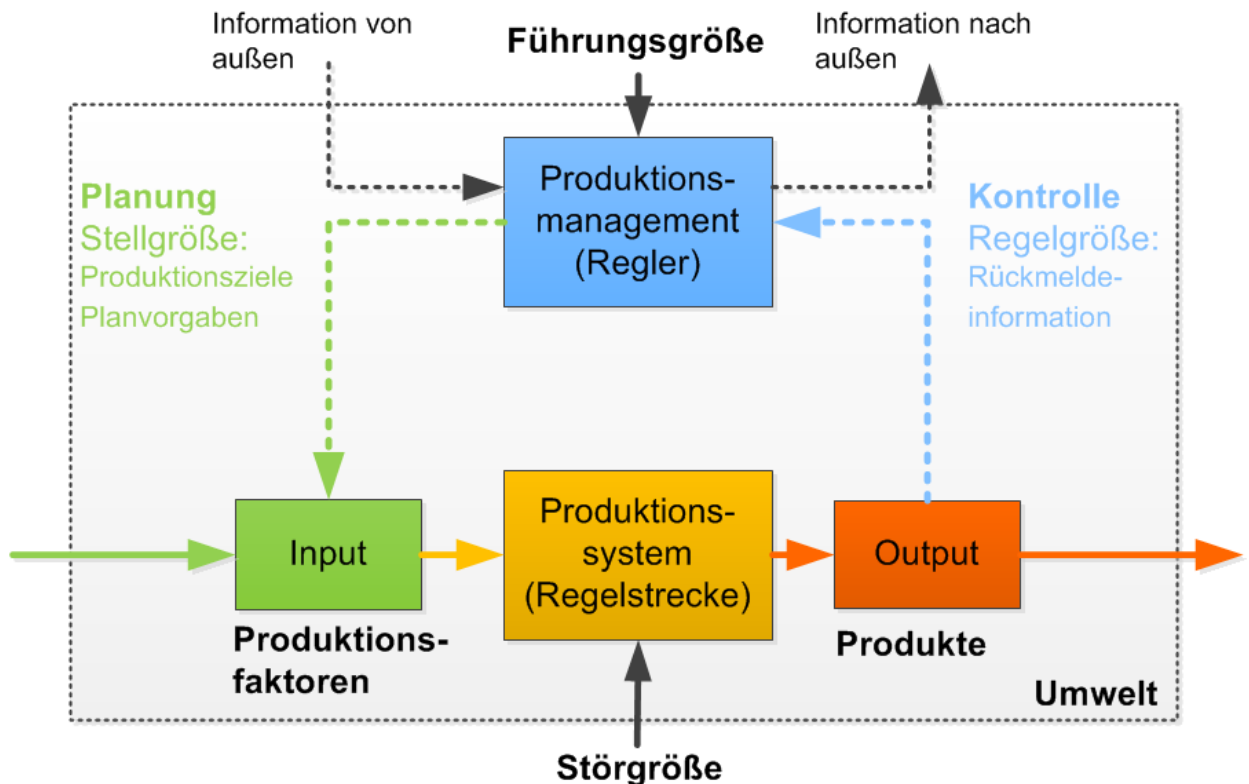


Abb. 6 Produktionsmanagement als Regelkreissystem<sup>19</sup>

Wie in Abb. 6 dargestellt umfasst das Produktionssystem die materiellen Prozesse der Kombination und Transformation der Produktionsfaktoren. Erst über das übergeordnete Produktionsmanagementsystem, dem Regler, wird als informationsverarbeitender Prozess die zielkonforme Gestaltung des Produktionssystems ermöglicht. Durch die Stellgröße (Produktionsziel, Planvorgabe, ...) und dem Produktionsfaktorinput wird der Transformationsprozess im Produktionssystem ausgelöst. Die Ergebnisse der Produktion, also die hergestellten Produkte und die damit korrespondierenden Rückmeldeinformationen können als Ist-Werte mit den Sollwerten verglichen werden.

Die Kontrolle des tatsächlichen Geschehens wird dabei über einen Soll-Ist-Vergleich sichergestellt. Dabei wird nach dem Soll-Ist-Vergleich kontrolliert, ob die Produktion nach Plan verläuft. Eine größere Abweichung kann unter Umständen eine Planrevision erzwingen, sei es wegen nicht planmäßiger Störungen, d.h. weil

<sup>19</sup> Vgl. Kiener (2009), S. 8

sich die Zukunft anders entwickelt als vorgesehen, oder wegen Planungsfehler, weil die Planung selbst ungenügend war.

Die Planung und Steuerung ist über die Kontrolle rückgekoppelt und bilden somit einen sich ständig wiederholenden Managementprozess.<sup>20</sup>

### 2.2.2. Qualitätsmanagement

Durch das Produktionsmanagement wird nun der möglichst optimale und effiziente Einsatz der Arbeitskräfte, Maschinen und der Werkstoffe koordiniert. Trotz der Komplexität dieser Aufgabe stellt das Produktionsmanagement nur die halbe Miete eines erfolgreich laufenden Unternehmens dar. Wie in Punkt 2.1 bereits kennegelernt sind es schlussendlich die Kunden, die aktiv zum Erfolg des Unternehmens beitragen. Die Kunden bringen gewisse Anforderungen an das Produkt mit, sei es das spezielle Design, die Funktionalität, die Effizienz oder schlichtweg das Image. Werden diese Anforderungen des Kunden an das Produkt erfüllt, so wird der Kunde diese Sache bevorzugt kaufen. Man spricht hier von einem Wettbewerbsvorteil den das Unternehmen in dieser Branche hat.<sup>21</sup>

Schlichtweg ist es die Qualität des Produktes, die an die Anforderungen des Kunden angepasst werden muss. Diese hohe Qualität war für die österreichische, aber auch deutsche Wirtschaft seit jeher ein Erfolgsrezept, um auf dem heimischen, aber auch ausländischen Markt wettbewerbsfähig zu sein und gute Preise erzielen zu können.

In den letzten Jahren haben damals unscheinbare Länder und Firmen beträchtlich aufgeholt und zählen nun zu den Qualitätsführern, was den Erfolg vieler beeinträchtigt hat.<sup>22</sup>

Neben diesen steigenden Wettbewerbsbedingungen sind es auch die immer höher werdenden Kundenanforderungen, Anforderungen an die Lebensqualität (Umweltschutz, Arbeitsschutz, Produktsicherheit, ...) und die zunehmende Komplexität der Produkte die ein standhaftes Qualitätsmanagement (QM) erfordern. Dabei können Ansätze des QM in ihrer Tragweite her unterteilt werden in ein:

- unternehmensweites – alle Funktionen und Prozesse des Unternehmens weltweit in allen Niederlassungen

---

<sup>20</sup> Vgl. Dyckhoff (1994), S. 351-352

<sup>21</sup> Vgl. Zollondz (2011), S. 4-8

<sup>22</sup> Vgl. Seghezzi (2007), S. 27

- umfassendes – alle Mitarbeiter, vom obersten Management bis zum Arbeiter
- vollständiges – alle Phasen der Lebenszyklen eines Produktes von der Entwicklung bis zum Ende des Gebrauchs

Qualitätsmanagement.

Ein funktionierendes und gepflegtes QM stellt dabei angepasste Methoden, Werkzeuge und vor allem Maßnahmen bereit, um sowohl das Produkt oder die Dienstleistung, als auch den Prozess auf Kundensicht angepasst zu verbessern. Mit dem Ziel der Effizienz der Geschäftsprozesse geht das QM auch auf die Optimierung der internen Kommunikation, der Erhöhung der Motivation der Mitarbeiter, sowie der Standardisierung ein.

Aus dem geht somit hervor, dass sich Qualität auf der einen Seite auf die Anforderungen der Kunden bezieht, aber auf der anderen Seite auch auf interne Prozesse des Unternehmens.<sup>23</sup>

Man spricht hier von einer Qualitätspolitik, die als Teil der Unternehmenspolitik von der obersten Leitung festgelegt wird. Die Qualitätsziele, die davon abgeleitet sind, werden konkretisiert, quantifiziert und auf die Produktionsprozesse heruntergebrochen. Um diese Qualitätsziele in der eigenen Produktion verwirklichen zu können, weiß man aus Erfahrung, dass mit dem sogenannten „Top-Down-Verfahren“ auch der einfache Arbeiter mit Motivation und eigener Überzeugung, nicht aber mit Scheu zu dem „Neuen“ an dieser Qualitätspolitik teilnimmt.

Als Sicherstellung der Verankerung der Qualitätspolitik in der täglichen Produktion beharrt man hier auf Rückmeldeinformation. Ähnlich, oder gleich dem Produktionsmanagement gibt es hier einen „Bottom-Up-Regelkreis“, der die Ergebnisse, bzw. die Wirksamkeit der Qualitätspolitik an die Unternehmensleitung widerspiegelt.<sup>24</sup>

Auch im Zuge des „Bottom-Up-Regelkreises“ werden ständig Soll-Ist-Vergleiche durchgeführt und die Produktqualität gemäß den Anforderungen, meist Spezifikationen, bestätigt. Kommt es hier zu Abweichungen, so kann bei optimal organisierter Qualitätsüberprüfung die Störquelle im Prozess, im Material usw. relativ zeitnah erforscht und behoben werden.

---

<sup>23</sup> Vgl. Hering (2009), S. 301

<sup>24</sup> Vgl. Brunner (2008), S. 58-63

### 2.2.3. Die Entscheidungs- und Planungsebenen

Abbildung 6 stellt das Produktionsmanagement nur sehr grob dar, denn für das Zusammenspiel der einzelnen Managementfunktionen übernimmt das Produktionscontrolling eine wichtige Rolle. So verknüpft das Produktionscontrolling als Hilfsfunktion des Managements über ein geeignetes Koordinationssystem die Planung, Steuerung und Kontrolle mit der Informationsversorgung.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht stellt die Produktion eine besondere Disziplin dar, deren Gegenstand die Entscheidungen sind. Entscheidungen, die über die Vorbereitung, Durchführung und Kontrolle der Produktion gefällt werden müssen. Dabei zählt zum Entscheidungsfeld des Produktionsmanagements eine Fülle an Einzelentscheidungen, die auch mit wechselseitigen Abhängigkeiten belastet sind. Einige typische Entscheidungen sind:

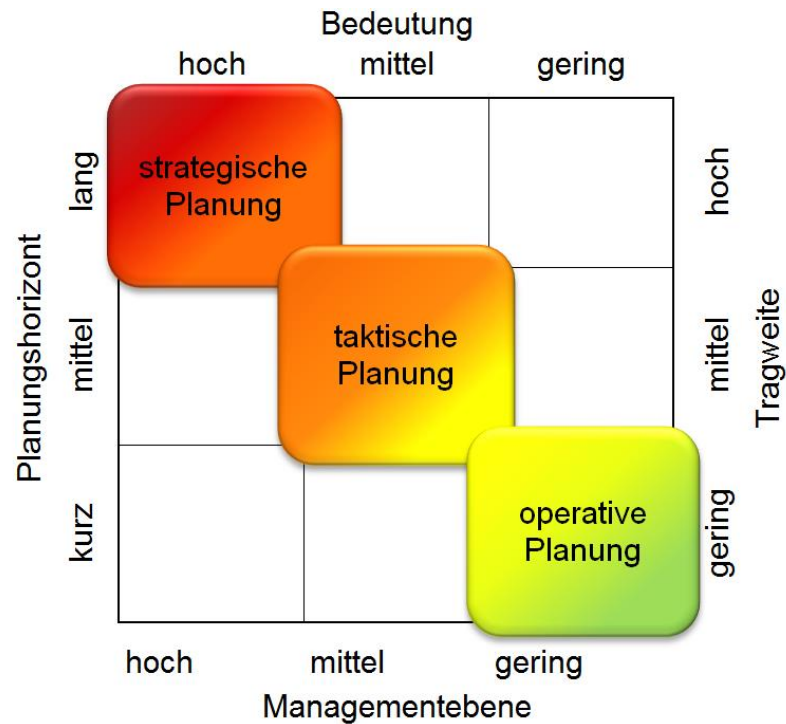
- die Einplanung der Lagerbestände, um saisonale Nachfrageschwankungen auszugleichen
- die Aufstellung von kurzfristigen Produktionsprogrammen
- die Personalplanung in der Produktion
- die Bestimmung der Höhe des Sicherheitsbestandes
- oder die Terminierung der Arbeitsgänge in der Fertigung

Betrachtet man die Entscheidungen genauer, so kristallisiert sich ein Eigenschaftsmuster heraus:

- Es gibt Entscheidungen mit unterschiedlichen Planungshorizonten und Realisierungszeiträumen.
- Die Bedeutung der einzelnen Entscheidung auf das Unternehmen ist unterschiedlich. Auch im Risikograd sind Abstufungen sichtbar.
- Die Entscheidungen haben eine unterschiedliche Tragweite im Unternehmen.
- Ich habe unterschiedliche Weisungsbefugnisse der Personen, wodurch unterschiedliche Managementebenen im Unternehmen berührt werden.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> Vgl. Günther (2012), S. 25-27

Abb. 7 Managementebene<sup>25</sup>

Aufgrund der Komplexität und des Umfangs der im Produktionsmanagement zu treffenden Entscheidung werden durch die Aufspaltung in die Planungsebenen

- strategische
- taktische und
- operative Planung

gewisse Vorteile und Erleichterung in der Bearbeitung, bzw. Bewältigung der Entscheidungen erreicht.

Dabei werden grundlegende Entscheidungen, die langfristige Dispositionen vornehmen, zuerst getroffen. Sie setzen somit den Handlungsrahmen für die Ausgestaltung nachfolgender Instanzen, sowie die konkrete Umsetzung der Planung in der Ausführungshandlung.<sup>26</sup>

Die strategische Planung, eingebettet in die strategische Unternehmensplanung, fällt relevante Grundsatzentscheidungen über die langfristige Unternehmensstrategie und die für die Umsetzung benötigten Ressourcen. Der Zeithorizont wird dabei mit länger als 3 Jahre bemessen. Wie in Abbildung 7 dargestellt wird diese Ebenen mit der Managementebene hoch kategorisiert, und somit unter dem Top-

<sup>26</sup> Vgl. Steven (2007), S. 113



Management eingeteilt. Entscheidungsträger sind hier mitarbeitende Eigentümer, als auch Geschäftsführer und Vorstandsmitglieder.<sup>27</sup>

Unter die Tragweite der strategischen Planung fällt dabei die Verknüpfung der Gestaltung der Produkte auf der einen Seite und der Zuteilung der erforderlichen Produktionsfaktoren auf der anderen Seite.

Demnach bezieht sich die strategische Planung auf die

- Geschäfts- und Produktfelder
- auf den Standort der Unternehmung
- auf seine Ausstattung mit Personal- und Anlagenkapazitäten
- sowie auf die Fertigungstiefe.

Um dabei die Kunden- und Marktanforderungen an das Produkt bereits in den frühen Phasen der strategischen Planung angemessen zu berücksichtigen, spielen die Methoden des Qualitätsmanagement eine große Rolle.<sup>28</sup>

Auf der Ebene der taktischen Planung werden nun die zuvor erwähnten strategischen Entscheidungen konkretisiert und als eine mittelfristige Entscheidung, das heißt mit einem Zeithorizont von 1 bis 3 Jahren umgesetzt.<sup>29</sup>

Das Middle-Management zu dem die Funktionsbereiche Einkauf, Produktion, Logistik und Finanzen zählen treffen dabei Entscheidungen über den effektiven und effizienten Einsatz der verfügbaren Ressourcen, um die auf der strategischen Ebene formulierten Ziele zu erreichen. Dabei spielt die Produktionsprogrammplanung mit der Planung der Nutzung der Produktionskapazitäten und die Gestaltung der Abläufe auf dieser Ebene eine wesentliche Rolle. Als Ergebnis der taktischen Planung geht das Produktionsprogramm hervor, welches nach Art, Menge und Termine konkretisiert, für meist ein Geschäftsjahr an die operative Ebene weitergegeben wird.<sup>30</sup>

Die unterste Ebene (Lower-Management), als das operative Management trifft nun kurzfristige Entscheidungen, die bis zu einem Jahren reichen und für die Umsetzung der Rahmenplanung von Bedeutung sind. Zum Lower-Management zählen im Besonderen Meister und Vorarbeiter, die auf Basis eines bereits vordefinierten

---

<sup>27</sup> Vgl. Kummer (2006), S. 25

<sup>28</sup> Vgl. Steven (2007), S. 113

<sup>29</sup> Vgl. Kummer (2006), S. 25-26

<sup>30</sup> Vgl. Steven (2007), S. 113-114

Produktionsprogramms Entscheidungen zum wirtschaftlichen Vollzug der Prozesse und der Leistungserstellung treffen.

Dabei gehen aus der operativen Ebene konkrete Arbeitspläne für das physische Produktionssystem heraus, die insbesondere materialwirtschaftliche Entscheidungen, Losgrößenentscheidungen für die Beschaffung, die Produktion und die Maschinenbelegungsplanungen- und Ablaufplanungen treffen.

In nachfolgender Darstellung sind die Planungsebenen und die daraus gewonnenen Ergebnisse schematisch dargestellt:

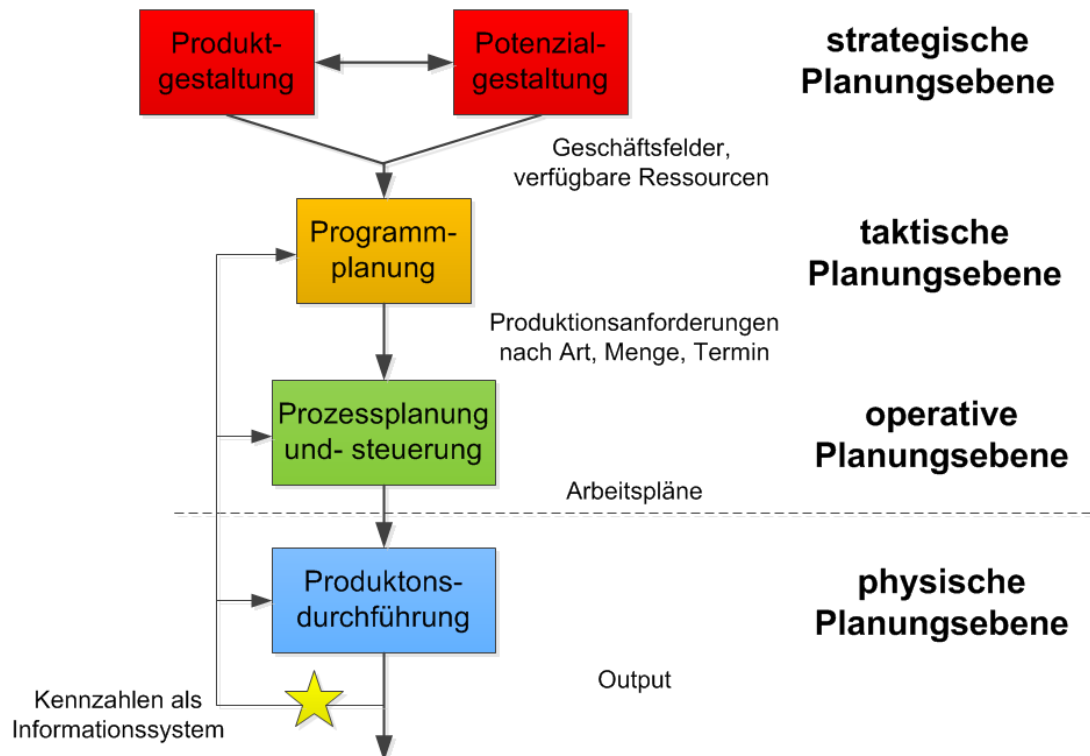


Abb. 8 Entscheidungs- und Planungsebenen<sup>30</sup>

Betrachtet man den Output als Ergebnis der physischen Ebene, so spielt das betriebliche Rechnungswesen und das Controlling eine wichtige Rolle, um das betriebliche Geschehen entsprechend zu dokumentieren. Erst durch die vom Controlling gebildeten Kennzahlen des Kennzahlensystems können Entscheidungen der Planungsebenen kontrolliert, korrigiert und bestätigt werden. So sind Planungsrechnungen und Statistiken als Unterstützung in Verwendung, um auf allen drei Managementebenen zukünftige Entscheidungen zu treffen.<sup>31</sup>

<sup>31</sup> Vgl. Kummer (2006), S. 26

### 2.3. Notwendigkeit eines umfangreichen Produktions- und Qualitätsmanagements

Potentiale erkennen, Effizienz steigern – lauten Leitsätze vieler führender Unternehmen, die durch konsequente Kundenorientierung, der hohen Logistikleistung und Kooperationseffizienz die Liquidität und Handlungsfähigkeit des Unternehmens nachhaltig sichern.

Die Produktion, besonders aber auch das Management, das über der Produktion steht, spürte im Laufe der letzten 30 Jahre massive Veränderungen.

Konnte die Produktion durch die vormals innerbetrieblich ausgerichtete, klassische Produktionsplanung und –steuerung (PPS) und durch Stücklisten- bzw. Rezepturverwaltungen gesteuert werden, so wird heutzutage durch die Wertschöpfung entlang der Lieferketten, vom Lieferanten bis zum Kunden und durch die wachsende Vernetzung der Strukturen dem Management ein hohes Maß abverlangt.

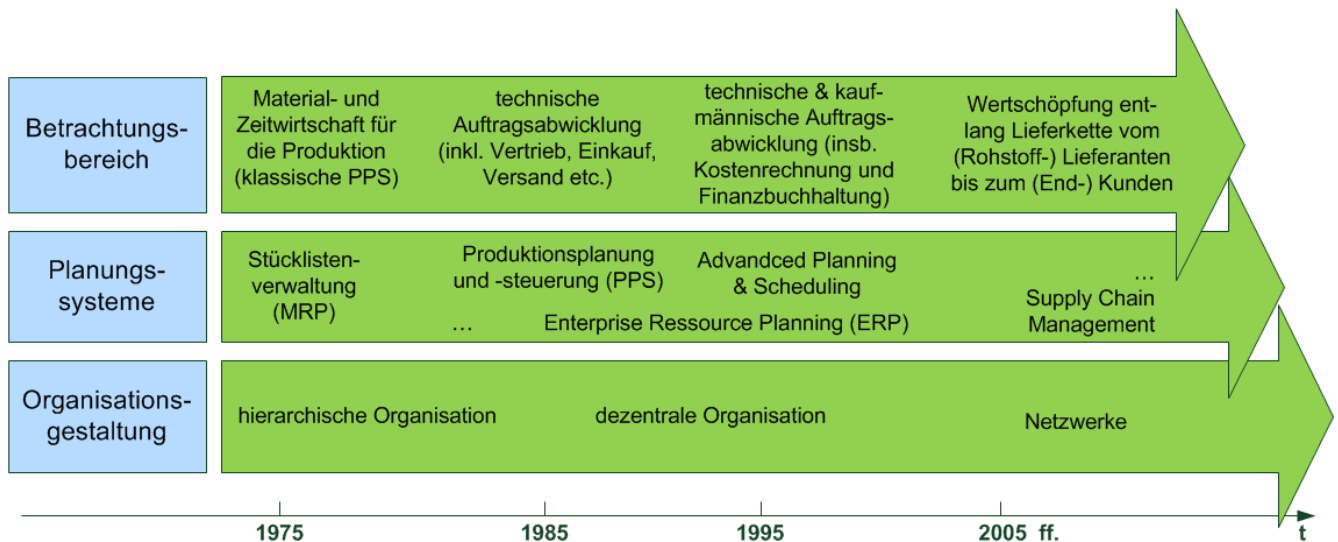
Diese überbetriebliche Zusammenarbeit und Koordination der Auftragsabwicklung, die sich vom Grad der Vernetzung in den verschiedenen Betrieben und Fertigungen unterscheiden, rückt zunehmend in den Mittelpunkt der betrieblichen Anstrengung. Um diese teils sehr komplexen Managementaufgaben zu koordinieren gilt es heute in Netzwerkstrukturen zu denken, diese ganzheitlich zu gestalten und effizient zu organisieren, um daraus auch Vorteile für den Betrieb zu erzielen.<sup>32</sup>

Mit nachfolgend dargestellter Entwicklungsstufe des Produktionsmanagements wird ersichtlich in wie fern sich der Handlungsspielraum verändert hat und sich die Planungssysteme und Organisationsgestaltung dem Wandel der Zeit angepasst haben.<sup>33</sup>

---

<sup>32</sup> Vgl. RWTH-Aachen (2010), S. 6

<sup>33</sup> Vgl. RWTH-Aachen (2010), S. 6

Abb. 9 Entwicklungsstufen des Produktionsmanagements<sup>33</sup>

#### 2.4. Einsatz moderner ID-Systeme und –Datenträger in der industriellen Produktion

Das Produktions-, aber auch das Qualitätsmanagement, wie im letzten Kapitel kennengelernt trägt zum positiven Erfolg eines jeden Unternehmens bei.

Dabei haben sich die Aufgaben, bzw. die Komplexität mit dem Wandel der Zeit massiv verändert.

Seitdem Unternehmen die Produkte für den Kunden im industriellen Maßstab herstellen, haben sich die Anforderungen der Menschen sehr stark gewandelt. Zu Beginn galt es viele Produkte herzustellen, wobei der Erfüllung kundenspezifischer Anforderungen durch das Produkt wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde. So gleicht demnach ein Ei dem anderen was auch die Komplexität der darüberstehenden Managementaufgaben niedrig hält.

Wurde damals mit einfachen Regelkarten und Prozessbeschreibungen ein Produktionsprozess geführt, was zu dieser Zeit den Anforderungen genügte, so ist heutzutage durch den anspruchsvollen Kunden, der einen relativ hohen Innovationszyklus der Produkte, aber auch individuelle Lösungen fordert, die Revolutionierung der Planungs- und Produktionsprozesse zwingend notwendig.<sup>34</sup>

Mit dem Ziel vor Augen Wettbewerbsvorteile zu erzielen und die Produktion wirtschaftlich und kundenindividuell führen zu können und dabei natürlich nachhaltig

<sup>34</sup> Vgl. Fachzeitschrift industrielle ID (2011), S. 3

Vorteile zu erzielen, wird heutzutage auf moderne Systeme und Datenträger zurückgegriffen die den User und das Unternehmen bei vielfach komplexen Aufgaben unterstützen. Die digitale Veredelung der Produktionseinrichtungen, wovon oft die Rede ist, ermöglicht eine neue rationale Form der Integration in Netzwerken.

„Produkte werden intelligent, Maschinen tauschen untereinander Informationen aus, reale Produktionsprozesse und deren Simulation werden stärker miteinander verbunden“ – mit diesem Aspekt wird nach der Mechanisierung und Rationalisierung der Produktion, der Einführung der Fließbandfertigung und dem Einzug der IT-Systeme das Potenzial einer nächsten industriellen Revolution gebildet.

In den Unternehmen werden IT-Systeme eingesetzt, die durchgängig entlang der gesamten Wertschöpfungskette integriert sind und somit den Geschäftsprozess unterstützen, bzw. „eigenständig“ Informationen aufzeichnen, auswerten und für die folgenden Prozesse in der Wertschöpfungskette verwenden.

Die immer komplexer werdende Produktion, aber auch die Variantenvielfalt der heutigen Produkte stellt einen massiven Wettbewerbsvorteil bzgl. Zugriff auf Informationen der eigenen Produktionsprozesse und -einrichtungen dar.<sup>35</sup>

In der heutigen Zeit ist es unumgänglich Produktions- und Prozessdaten zu archivieren, sei es eine Basis für ein nachhaltiges Qualitätsmanagement zu schaffen oder die Produktionskennwerte zu visualisieren. Im Sinne des Qualitätsmanagements können nachträglich Diagnosen und Fehlerfindungen an bestehenden Anlagen und Produkten durchgeführt werden – eine Datenaufzeichnung, bzw. die darauffolgende Auswertung und Archivierung ist in vielen Fällen notwendig, um richtige Entscheidungen zu treffen und den Erfolg zu sichern.<sup>36</sup>

Im Consumer-Bereich stellt die Konvergenz der Kommunikations- und Informationstechnologie den Zugang von Information und Wissen von nahezu jedem Ort, zu jedem Zeitpunkt mit einer großen Vielfalt an Interaktionsgeräten sicher – man muss sich nur ein Bild der heutigen Entwicklung, der vielfach auch Cyberelektronik genannten Geräte



machen. Kompakt auf einem Tablet-Computer oder Handy verpackt können im-

<sup>35</sup> Vgl. Industrie 4.0 (2013), S. 1983

<sup>36</sup> Vgl. Strohn (2011)

mer und überall, nahezu einschränkungsfrei Informationen veröffentlicht werden, die am anderen Ende des Globus fast zeitgleich von einem weiteren Cyberuser aufgegriffen und verwendet werden können. Dieses Profil der heutigen Entwicklung spiegelt wesentliche Punkte wieder und zwar:

- Vollständigkeit
- Schnelligkeit bzw.
- individuelle Vielfalt der Informationen.

Dies sind Punkte deren Ansätze auch in die industrielle Produktion übertragen werden, um die Komplexität und Varianz in komplexen Wertschöpfungsnetzwerken zu bewältigen. Dort kann durch die aufgezeichneten Daten von der Produktionsanlage oder vom erzeugten Produkt, bis hin zum unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsnetzwerk ein Nutzen für das Unternehmen generiert werden.<sup>37</sup>

Leider ist der Zugriff an Informationen in der heutigen Realität wie so oft mit Hindernissen verbunden, so auch bei Eternit. Aber im Zuge der Rationalisierung der Produktionsanlagen, insbesondere durch die Installierung eines einheitlichen Steuerungssystems ergibt sich nun die Möglichkeit es allumfassenden und vor allem automatischen Informationsaustausch zwischen der Produktionsanlage bzw. des Produktes und dem IT-System.

#### 2.4.1. industrielle Identifikation allgemein

Die Informationen wann sich ein Produkt wo befindet, bzw. welches Produkt sich in welchem Zustand befindet oder für diverse Nachbehandlung gesperrt ist, sind Disziplinen, die in der modernen Industrie für einen nachhaltig effizienten Prozess bewältigt werden müssen.

Die industrielle Identifikation spielt dabei eine wichtige Rolle und ermöglicht eine maschinenlesbare, automatisierte und meist auch berührungslose Erfassung von Produkt- und Produktionsprozessen. Die IT-Systeme, die hinter dieser ID-Hardware stecken synchronisieren virtuelle Datenströme mit realen Produktströmen und sorgen dazu auch noch für höchste Transparenz im Produktions- als auch Logistikprozess.

---

<sup>37</sup> Vgl. Industrie 4.0 (2013), S. 1985

Neben der Reduzierung der manuellen Arbeitsschritte können durch die automatisierte industrielle ID über die gesamten Produktionsstufen sowie entlang der gesamten Supply Chain Vorteile erzielt werden, bzw. lassen sich Qualitätsanforderungen zuverlässig erfüllen. Nebenbei bietet die Aufbereitung und Analysierung, der durch das ID-System aufgezeichneten Informationen die Möglichkeit einzelne Prozesse, aber auch gesamte Unternehmensstrukturen flexibler zu gestalten und dadurch zu optimieren.<sup>38</sup>

#### 2.4.2. unterschiedliche Varianten und Bauformen

In vielen Dienstleistungsbereichen der Beschaffungs- und Distributionslogistik, Handel, Produktionsbetrieben und Materialflusssystemen haben automatische Identifikationssysteme in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen, wodurch die Technik stets weiterentwickelt, neue Technologien erforscht und in der Anwendung bestätigt wurden.

Der weit verbreitete Barcode sorgte schon vor vielen Jahren für eine Revolution in der automatischen Identifikation. Auch der Handel, im Speziellen nenne ich hier den Supermarkt, profitiert auch heute noch von der Anwendung der Barcode-Etiketten.

In Produktionsbetrieben oder vergleichbaren Geschäftsfeldern wie zuvor genannt, sind in zunehmenden Fällen Barcodes nicht mehr ausreichend. Sie sind zwar recht billig, aber die geringe Speicherfähigkeit, bzw. die Unmöglichkeit diesen „Datenträger“ umzuprogrammieren gibt Anstoß weitere Technologien auf dem Sektor der automatischen Identifikation zu entwickeln.

Als weitaus vorteilhaftere Alternative hat sich im Zuge der Entwicklung der Einsatz von Siliziumchips erwiesen. Man kennt diese Siliziumchips heutzutage noch von Bank- und SIM-Karten, wo Daten über das goldene Kontaktfeld übertragen und gesichert werden. Dabei stellt der mechanische Kontakt zum Datentransfer in vielen Fällen ein Problem dar.

Weitaus flexibler ist hier der kontaktlose Übergang von Daten zwischen Datenträger und Lesegerät, wie wir ihn bereits schon vom Barcode kennen.

Auf Basis elektromagnetischer Funkwellen wurde ein System entwickelt, dass Daten zwischen Datenträger und dem dazugehörigen Lesegerät ohne mechani-

---

<sup>38</sup> Vgl. Fachzeitschrift industrielle ID (2011), S. 3

schen Kontakt austauscht, zudem ist der eingesetzte Datenträger umprogrammierbar.

Als kontaktloses ID-System hat sich das Datenübertragungssystem RFID (Radio Frequency Identification) in vielen Geschäftsfeldern durchgesetzt.<sup>39</sup>

Nachfolgend wird von den Systemen der Identifikation und Datenerfassung, die sich in den vergangenen Jahren in Industrie, Handel aber auch Logistik etabliert haben ein Überblick geschaffen, die als verwandte oder benachbarte Systeme zum RFID-System angesehen werden können.

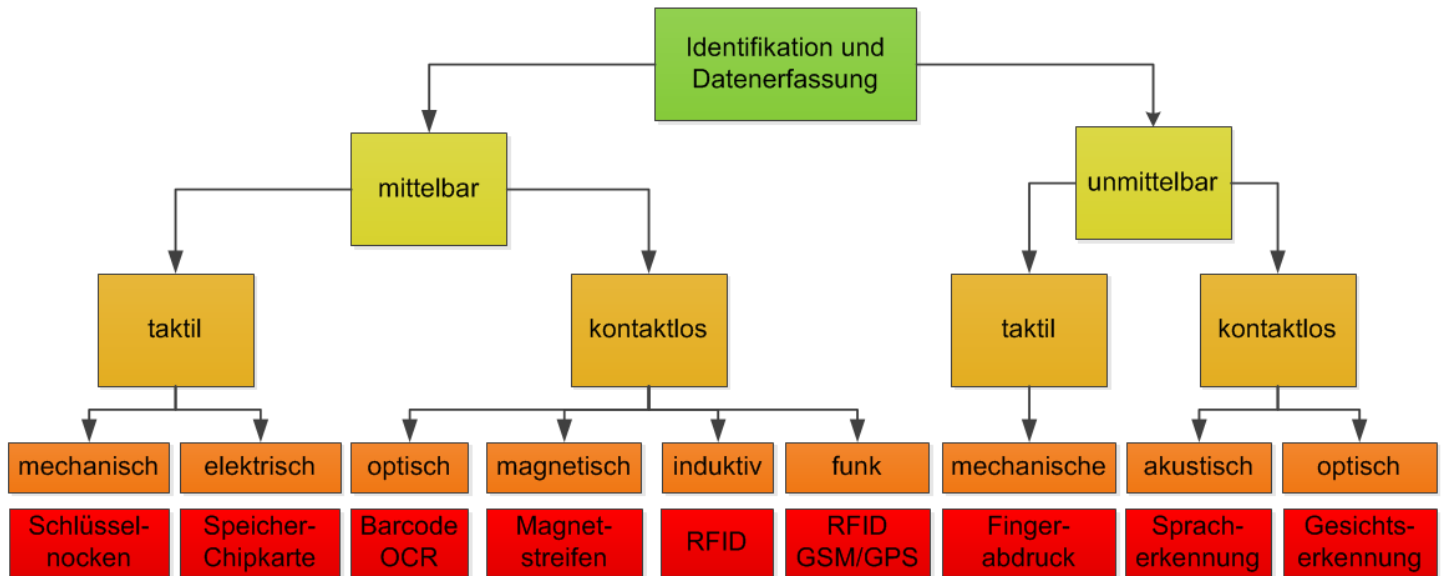


Abb. 10 Übersicht der Identifikations- und Datenerfassungssysteme<sup>39</sup>

Wie aus der Übersicht der Identifikations- und Datenerfassungssysteme hervorgeht, gibt es sowohl bei der Gruppe der mittelbaren, als auch bei den unmittelbaren Systemen die große Abgrenzung der taktilen Systeme, also Systeme, die auf mechanische Kontakte behaftet sind und der kontaktlosen Systeme.

Um einen Überblick über die verschiedenen Systeme zu erlangen, folgen nun die in der Wirtschaft wohl am häufigsten verbreiteten Systeme.

Angefangen mit dem Barcode, der bzgl. automatischer Identifikation wohl einen gewissen Anstoß gegeben hat, folgen die Speicher- oder Chipkarten und die heute wohl interessantesten Datenträger der RFID-Technologie.<sup>40</sup>

#### 2.4.2.1. Barcode-Systeme

Der Barcode ist eine weit verbreitete Technologie. Nicht nur im Supermarkt, wo jedes Produkt mit diesem auffälligen Strichmuster gekennzeichnet ist, erfüllt er in

<sup>39</sup> Vgl. Finkenzeller (2008), S. 2

<sup>40</sup> Vgl. Wölker (2008)



Sachen Wareneingangs- und Warenausgangsbuchungen wertvolle Arbeit, sondern auch in der Industrie und in der Produktion wird in den vergangenen Jahren auf diese Systeme zurückgegriffen, um ein standardisiertes Kennzeichnungssystem für die Produktion sicherzustellen.

Bereits im Jahr 1949 wurden erste Systeme des heutzutage bekannten Barcodes (aus dem Englischen: bar = Balken) im Auftrag des US-Verteidigungsministeriums entwickelt und von Douglas Young zum Patent angemeldet. Schnell gewann diese Entwicklung der Kennzeichnungstechnologie auch Interessenten in der Automobilindustrie, in denen die Fließbandfertigung durch diese Barcodesysteme unterstützt wurde.

Der erste richtige Einsatz und somit die Tauglichkeitsbestätigung für die Industrie gelang dem Barcode-System aber erst in den 60/70 Jahren, da die notwendige IT (Microcomputer) zuvor noch nicht ausgereift genug war, bzw. schlichtweg nicht leistbar war.

Ab dieser Zeit wurde in die Entwicklung dieser Kennzeichnungssysteme intensiv investiert.

#### Die Barcode-Technologie:

Beim Barcode oder sogenanntem Strichcode, handelt es sich um eine optisch lesbare, eindimensionale Kennzeichnung, die aus verschiedenen dicken Balken oder Lücken besteht. Auf dem binären System basierend bilden die schwarzen Balken in Verbindung mit den weißen Lücken einen Code, der sowohl für Buchstaben, Ziffern als auch Zeichen stehen kann.

Bei den ersten Strichcodes wurde dabei auf die sogenannten Zweibreitencodes und Mehrbreitencodes zurückgegriffen, bei denen die Striche bzw. Lücken lediglich zwei oder mehrere Breiten aufweisen.



Abb. 11 Zweibreiten- und Mehrbreitencode

Anfangen mit diesen eindimensionalen (1D) Codes, war die Datenmenge, die mit einer solchen Codierung definiert werden konnte sehr schnell begrenzt.

Im Laufe der Zeit ging die Entwicklung in die Richtung, bzw. bestand das Bedürfnis, dass das Barcode-System immer mehr Daten mit dem Strichcode auf Produkte und Waren schreiben soll. So folgten auf Basis der 1D-Codes Weiterentwick-

lungen mit einer wesentlich höheren Informationsdichte, wodurch größere Datenmengen mit dieser Kennzeichnung definiert werden konnten:

- gestapelter Strichcode (Stapelcode)
- der zweidimensionale Matrix-Code (2D Code)
- der kombinierte 1D und 2D Code als Composite Code
- der 3D Code, bei dem zum üblichen schwarz-weiß 2D Muster der farbliche Aspekt die dritte Ebene darstellt.<sup>41</sup>

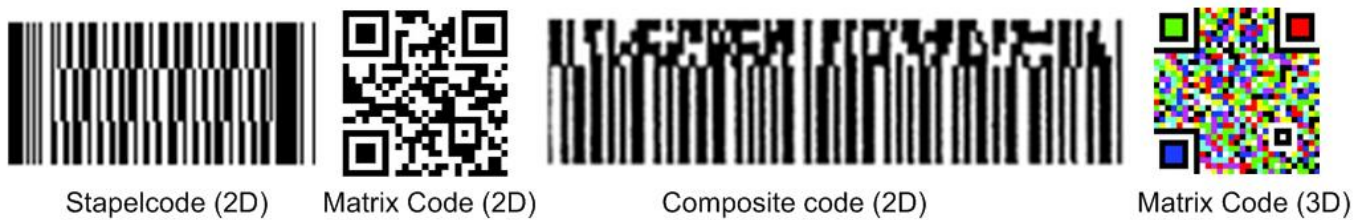


Abb. 12 Barcode - 2D und 3D Technologie

Während der Entwicklungsphase dieser Barcode-Technologie ergaben sich verschiedene Varianten und Ausprägungen des Barcodes. Jeder kocht sozusagen sein eigenes „Süppchen“. So wurde bspw. in den USA der UPC (Uniform Product Code) etabliert und in Europa der bekannte EAN (European Article Number). Darüber hinaus wurden noch andere Codierungen entwickelt.

Speziell bei den standardisierten Strichcodes, wie es beim UPC- und EAN-Code der Fall ist, wird durch die Aneinanderreihung von Strichen und Lücken ein Zahlencode gebildet, der von Start- und Stoppzeichen mit den davor und dahinterliegenden Ruhezeiten begrenzt wird. Durch diese Standardisierung wird ermöglicht, dass nicht wie üblich ein Strichcode nur von links nach rechts ausgelesen werden kann, sondern in beide Richtungen.<sup>42</sup>

### Das Drucken und Auslesen von Barcodes:

Beim Kennzeichnen einer Oberfläche mit einem Barcode spielt die Strichcodedichte eine wesentliche Rolle, die in „Character per Inch (cpi)“ definiert wird. Welche Strichcodedichte schlussendlich eingesetzt wird hängt im Grunde genommen von der Größe der zu bedruckenden Oberfläche und dem Abstand, aus dem der Barcode gelesen werden soll ab. Grenzen wie groß ein Barcode gedruckt werden kann, sind auch vom Detaillierungsgrad (Feinheit) des Druckers abhängig. Hier sollte, um die Fehlerquote beim Lesen so gering wie möglich zu halten, die Strich-

<sup>41</sup> Vgl. IT-Wissen – großes Online-Lexikon

<sup>42</sup> Vgl. Schoblick (2005), S. 175

codedichte dem Drucker angepasst werden.<sup>43</sup> Für das Kennzeichnen von Oberflächen mit einem Barcode können neben den meist für diesen Zweck eingesetzten Thermodruckern, auch Laserverfahren oder Gravierapparate eingesetzt werden, um das Strichmuster wieder lesbar in Oberflächen einzuprägen.

Ebenso wie der Strichcode in der Barcode-Technologie eine wichtige Rolle spielt, so ist auch das Lesegerät, das diese Kennzeichnung wieder entschlüsselt nicht von geringer Bedeutung. Diese Barcodelesegeräte gibt es in unterschiedlichen Ausführungen. Je nach Anwendungsprofil können sowohl mobile, als auch stationäre Lesegeräte eingesetzt werden. Wichtig und entscheidend ist jedoch immer, besonders wenn stationäre Geräte verwendet werden, dass der Leseabstand zum Strichcode und der Winkel in dem der Strichcode lesbar ist, eingehalten werden.<sup>44</sup> Oft zum Einsatz kommen hier Lesestifte und Laserpistolen, Lesescanner oder Handscanner.

#### 2.4.2.2. Optical Character Recognition (OCR) und Bildverarbeitung

Ähnlich dem Barcode, lehnt sich die „optical character recognition“, kurz OCR, bzw. die Bildverarbeitung an optischen Merkmalen und Kennzeichnungen an.

Als Anstoß für die Entwicklung solcher Systeme dient wie so oft der Mensch, der 70% aller Informationen über die Augen erfasst und sich wesentliche Merkmale ins Gedächtnis einprägt. Die visuelle Wahrnehmung ist hier die Grundlage für Greif-, Inspektions- und Erkennungsaufgaben. Schnell wurde klar, dass auch im Bereich der Logistik Steuerungssysteme etabliert werden können, die auf ebendieser Fähigkeit des Sehens und des Identifizierens von Objekten, ohne zusätzlichen Code komplexe Aufgaben lösen.

Beispielweise in Sortier- und Verteilerzentren von Expressdienstleistern können solche, auf dem OCR-System basierende Technologien zur Lesung des Adressfeldes in Klar- aber auch Handschrift eingesetzt werden.<sup>45</sup>

Neben der Schrifterkennung wird die automatische Bildverarbeitung bevorzugt im Qualitätswesen eingesetzt. Dort kann mit der Bildverarbeitung schnell, berührungslos und mit einer hohen Reproduzierbarkeit eine Gut-Schlecht-Aussage in der Prüfung von Bauteilen getroffen werden. Speziell was die Inspektion von

---

<sup>43</sup> Vgl. IT-Wissen – großes Online-Lexikon

<sup>44</sup> Vgl. Jesse, Rosenbaum (2000), S. 62

<sup>45</sup> Vgl. Arnold (2004), S. C4-41

Oberflächen anbelangt, können hier geometrische Abmessungen überprüft, mit dem SOLL-Merkmal verglichen und notfalls die inspizierten Komponenten direkt aussortiert werden.<sup>46</sup>

Die Aufgaben der industriellen Bildverarbeitung können demnach unterschiedlichste Ausprägungen haben. In der industriellen Produktion wird dabei bei folgenden Klassen auf die industrielle Bildverarbeitung zurückgegriffen:

- Lesen von Bar- und Matrixcode
- Objekterkennung
- Lageerkennung
- Vollständigkeitsprüfung
- Form- und Maßprüfung (Geometrie)
- Oberflächeninspektion<sup>47</sup>

### Die Bildverarbeitungs-Technologie:

Jedes Prüf- und Messsystem, auf Basis der digitalen Bildverarbeitung, kann in zwei grundlegende Funktionsbausteine gegliedert werden:

- Bildaufnahme
- Bilverarbeitung /-auswertung

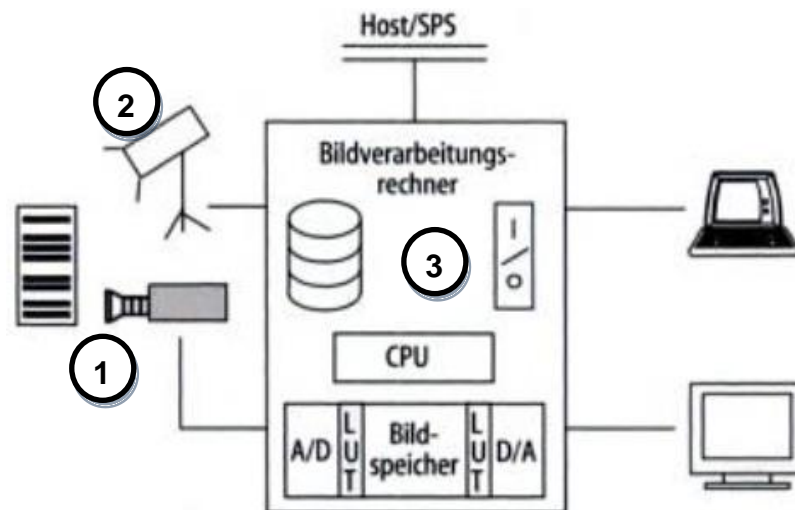


Abb. 13 schematische Darstellung eines Bildverarbeitungssystems vgl. Arnold S. C4-41

Grundsätzlich können unterschiedliche Merkmale von diesem System erfasst werden. Die Palette der Anwendungen reicht dabei von der Erkennung von Schlagzahlen oder hochgeprägten Schriftzeichen, dem Lesen von Schecks und

<sup>46</sup> Vgl. Bauer (2008), S. 14-15

<sup>47</sup> Vgl. Demant (2002), S. 19

Scheckkarten, sowie kombinierte Merkmale in Form von Bar- oder Matrixcodes in Kombination mit Zahlencodes.<sup>48</sup>

Genau diese Merkmale werden durch das Kamerasystem [1] mit einem oder auch mehreren Bildern erfasst. Um dabei die Erkennbarkeit der Merkmale zu verbessern ist in vielen Fällen eine Unterstützung durch optische Methoden und Beleuchtungen [2] erforderlich. Dabei kann durch eine gezielte Ausrichtung der Beleuchtung oder auch durch Positionierung mehrerer Beleuchtungsquellen ein gezielter Schattenwurf von z.B. Reliefzeichen erzeugt werden, welcher zur besseren Erkennung der Zeichen beiträgt.

Im zweiten Schritt der Bildverarbeitung [3] werden die, mit der Bildaufnahme erfassten Bilder durch charakteristische Merkmale beschrieben, z.B. durch die Anzahl und Lage von Geradenstücken, Bogensegmenten, Krümmungsradien usw. In diesem konventionellen Ansatz werden die einzelnen Zeichen segmentiert, wie an dem unten angeführten Beispiel mit der Ziffer 5.

Durch die Reduzierung des flächenhaften Bildsegments erhalten wir ein linienhaftes Elementargerüst, das Skelett, das schlussendlich brauchbare Merkmale liefert um Linien, Positionen der Linien, aber auch Krümmungen zu extrahieren. Diese Merkmale werden mit bereits eingelesenen Referenzmustern in einer Datenbank verglichen, die einen klaren Bezug zu einer, in diesem Fall verwendeten Zeichentabelle (ASCII) haben und für die elektronische Anwendung weiterverwendet werden können.<sup>49</sup>

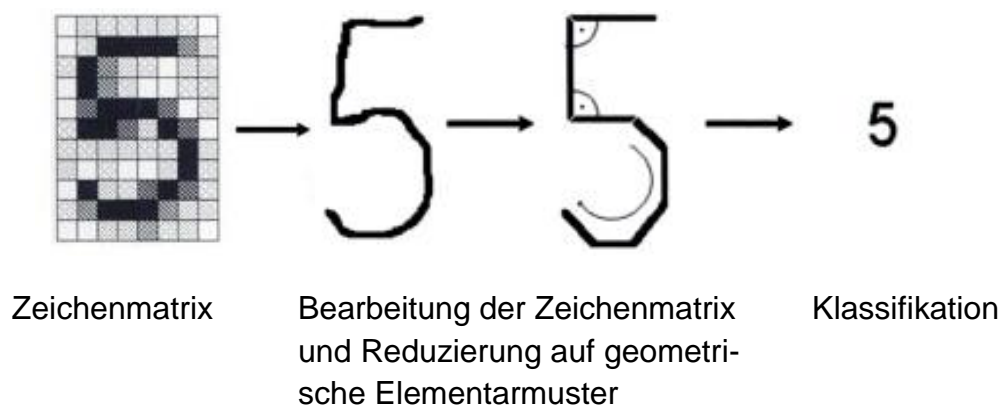


Abb. 14 geometrische Merkmale der Bildverarbeitung<sup>49</sup>

Ein zur Bildung von geometrischen Merkmalen alternativer Ansatz ist es, die bereits durch die Zeichenmatrix dargestellten Bildpunkte selbst als Merkmale zu verwenden. Dabei wird ein standardisiertes, zweidimensionales Raster über das

<sup>48</sup> Vgl. Arnold (2004), S. C4-41

<sup>49</sup> vgl. Jähne (1996), S. 91

Zeichen gelegt und die Grauwerte der einzelnen Bildpunkte in diesem Raster werden in linearer Folge als höherdimensionale Merkmalsvektoren abgelegt. Werden Bildaufnahmesysteme mit einem guten Kontrast verwendet, reicht es oft schon aus, wenn die Werte „0“ für schwarz und die Werte „1“ für weiß benutzt werden. Somit erreicht man einen binären Merkmalsvektor der aus 0 und 1 besteht und

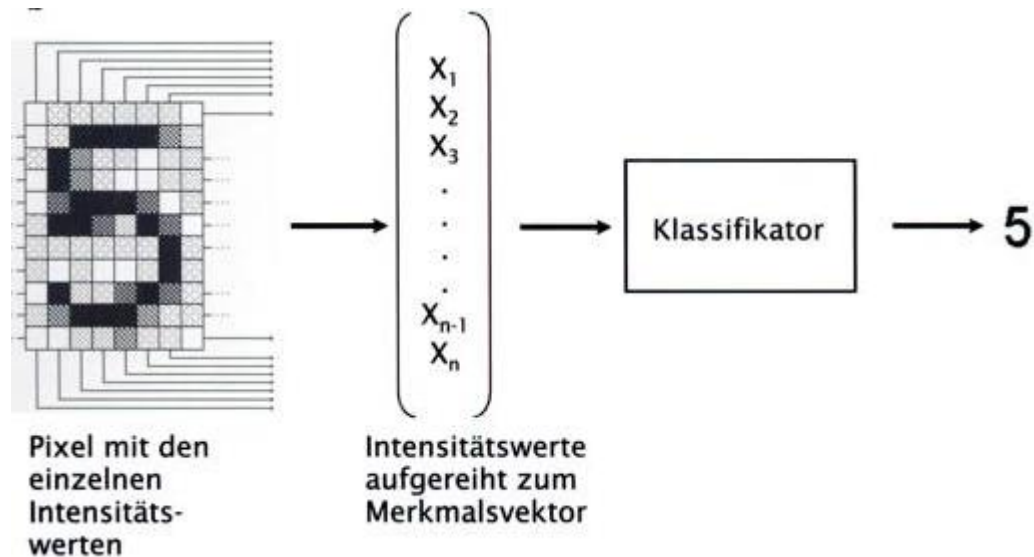


Abb. 15 Merkmalsvektor der Bildverarbeitung<sup>50</sup>

über den Klassifikator, einem eindeutigen Zeichen zugeordnet werden kann.<sup>50</sup>

Natürlich kann durch das Bildverarbeitungssystem für komplexere Identifikations- bzw. Inspektionsaufgaben ein größerer Funktionsumfang gewählt werden. So ermöglicht dieses System, wie am nachfolgenden Beispiel dargestellt, die Inspektion verschiedener Prüfkategorien in einem Bildaufnahmeprozess:



<sup>50</sup> vgl. Jähne (1996), S. 91



Abb. 16 komplexe Inspektionsaufgaben, unterstützt durch die industrielle Bildverarbeitung<sup>51</sup>

Klare Voraussetzung für die Anwendung dieses Verfahrens ist die Sicherstellung eines entsprechenden Kontrastes, zwischen dem auszuwertenden Zeichen und dessen Hintergrund. Durch ungünstige Abstimmung vom Bildaufnahmesystem, was die Kamera und die dazugehörige Beleuchtung betrifft, kann hier sehr schnell ein Zeichen mit dem Hintergrund „verschmelzen“ und somit für das System unleserlich werden.<sup>52</sup>

Im Vergleich zum Barcode bietet die Technologie der industriellen Bildverarbeitung zusätzlich Möglichkeiten mehrere Prüfkriterien, wie im obengenannten Beispiel dargestellt, mit nur einem System zu erfassen und auszuwerten. Zwar bleibt die Einschränkung der geringen Datenmengen, die mit einem solchen Code dargestellt werden können ein Thema und auch der Punkt der Umprogrammierung wird durch solche Technologien noch nicht ermöglicht. Nichtsdestotrotz bietet diese Technologie dem Nutzer eine Vielzahl an Vorteilen.

#### 2.4.2.3. Chip- und Magnetkarten

Schon in den 50er Jahren erkannte man die Notwendigkeit, Daten so auf einem Datenträger zu schreiben, dass diese in der späteren Nutzung verwendet und notfalls auch umgeschrieben werden können. So wurde 1950 die erste PVC-Karte für die Nutzung im überregionalen Zahlungsverkehr ausgegeben.

Die damalige Magnetstreifentechnologie, die bei solchen Karten für die Abwicklung von Bankgeschäften angewandt wurde, war zwar damals ein entscheidender Schritt in der Datenträgertechnik, aber die, auf dem Magnetstreifen gesicherten Daten konnten beliebig gelesen, gelöscht oder neu geschrieben werden, wenn

<sup>51</sup> vgl. [www.baumer.com](http://www.baumer.com)

<sup>52</sup> Vgl. Jähne (1996), S. 89-90



das geeignete Lese- bzw. Schreibgerät vorhanden war. Auch die Datenmenge, die mit der Magnetstreifentechnologie gesichert werden konnte war sehr gering. So fungierten Magnetstreifenkarten als sogenannte Offcard-Anwendungen. Dabei wurde lediglich eine Seriennummer auf der Magnetkarte hinterlegt, welche über einen geeigneten Terminal ausgelesen wurde und somit auf eine zentrale Datenbank zugegriffen wurde.

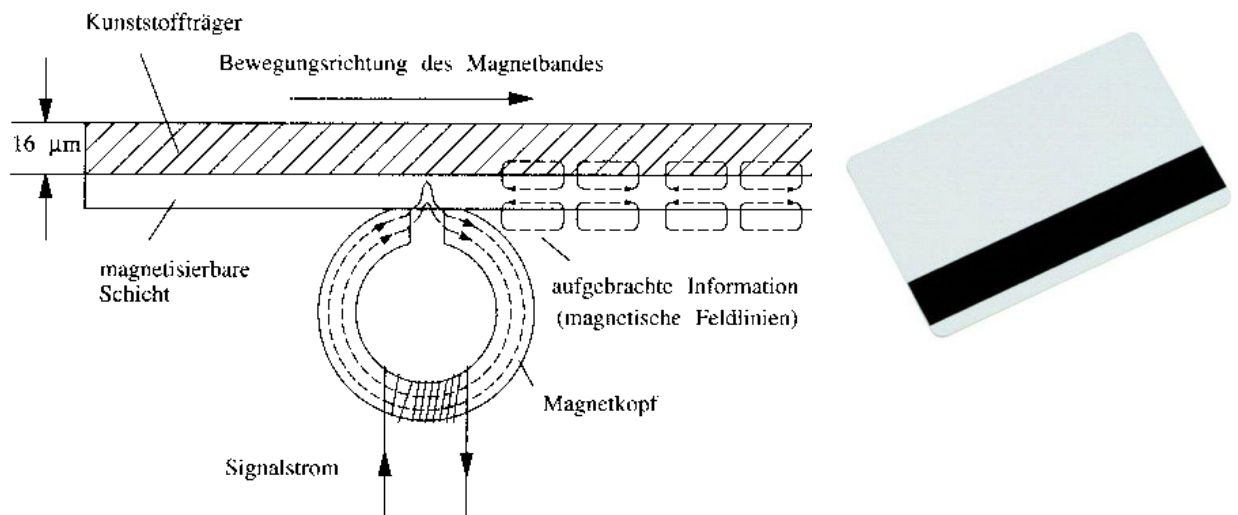


Abb. 17 Magnetkarten-Technologie<sup>53</sup>

Das Verlangen nach einem umprogrammierbaren, aber in der Nutzung sicheren Datenträger war groß. Durch die Entwicklung der Chipkarte zur Ausweitung der elektronischen Datenverarbeitung wurden zusätzliche Möglichkeiten zur Lösung dieses Problems erschlossen. So ermöglicht die heutige Mikroelektronik nur auf einem kleinen Siliziumplättchen von wenigen Quadratmillimetern einen nichtflüchtigen Datenspeicher zu integrieren<sup>53</sup>. Mit der weiterführenden Entwicklung dieser Chipkarten-Technologie können heutzutage Datenträger bis in den Gigabyte-Bereich verwendet werden. Aus der Praxis geht jedoch hervor, dass Datenträger mit Kilobyte bzw. mit einigen Megabyte für die schaft, bzw. industrielle Nutzung bzgl. Preis und geforderter Leistung optimal sind.<sup>54</sup>

Da Chipkarten-Anwendungen heutzutage einen großen Spielraum zulassen, kommen diese bereits mit einer sehr geringen Speicherkapazität aus, wenn es nur um die Sicherung von Seriennummern geht, um in weiterer Folge mit dieser Nummer



<sup>53</sup> Vgl. Rankl (2008), S. 2-9

<sup>54</sup> Vgl. Schmeh (2009), S. 49



auf eine zentrale Datenbank zugreifen zu können. Da dieser Ansatz jedoch bei weitem nicht die Möglichkeit der Chipkarte ausnutzt, sondern lediglich eine Eins-zu-eins-Umsetzung von der überholten Magnetstreifentechnologie ist, wird auf größere Speicherkapazität gesetzt. Es können mit erweiterter Speicherkapazität, wenn man das Beispiel der Produktion aufgreift, wo in verschiedenen Produktionsstufen Informationen auf den Datenträger geschrieben werden, sei es ein Qualitätsmerkmal des Produktes oder Maschinenparameter, Datenmengen direkt auf der Karte gesichert werden. In diesem Fall spricht man von der Oncard-Anwendung, die von der Speichergröße auf das jeweilige Einsatzgebiet zugeschnitten ein breites Einsatzspektrum hat.<sup>55</sup>

Für den industriellen Einsatz, besonders im Bereich der industriellen Identifikation von Produkten und Handelswaren hat oder wird sich eine Chipkarte auf kontaktbehafteter Datenübertragung nicht etablieren. Ist im industriellen Einsatz solcher Identifikationssysteme die maschinenlesbare Eigenschaft solcher Technologien das Um und Auf, so muss man sich beim Chipkartensystem damit begnügen, dass der Transponder manuell und punktgenau an das entsprechende Lesegerät geführt werden muss, um einen Datenaustausch zu ermöglichen.

Dennoch legte die Entwicklung dieser Chip-Technologie die ersten Meilensteine für die Weiterentwicklung kontaktloser Chipkarten.

#### 2.4.2.4. RFID

RFID (Radio Frequenz Identification) behebt speziell, durch die bei diesem System integrierte Antenne die Problematik des kontaktbehafteten Datenaustausches. Das RFID System, das üblicherweise aus einem Transponder und einem Lesegerät besteht, kann nun über die integrierte Antenne mittels Radiowellen miteinander kommunizieren. Trug der früher entwickelte und zuvor genannte Barcode positiv zur automatischen Identifikation bei, so kann durch das RFID-System zusätzliches Nutzpotalential gewonnen werden. Bedarf es bei den bisher bekannten Identifikationssystemen menschlicher Intervention, das zu identifizierende Objekt in eine Position zum Laserstrahl zu bringen (Sichtkontakt), um ein Auslesen zu ermöglichen, so kann das RFID-System z.B. durch Verpackungen hindurchschauen, bzw. durch einen Lesevorgang direkt mehrere Elemente erkennen. Da das Ganze, verglichen

---

<sup>55</sup> Vgl. Rankl (2006), S. 31-33

mit dem Barcode, auf elektronisch behafteter Chiptechnologie basiert, können durch die Radiowellen nicht nur Daten ausgelesen werden, sondern am Objekt auch weitere Daten abgelegt werden.

Kern definiert durch diese Technologie einen wahren Medienbruch zwischen Objekt- und Informationsebene.

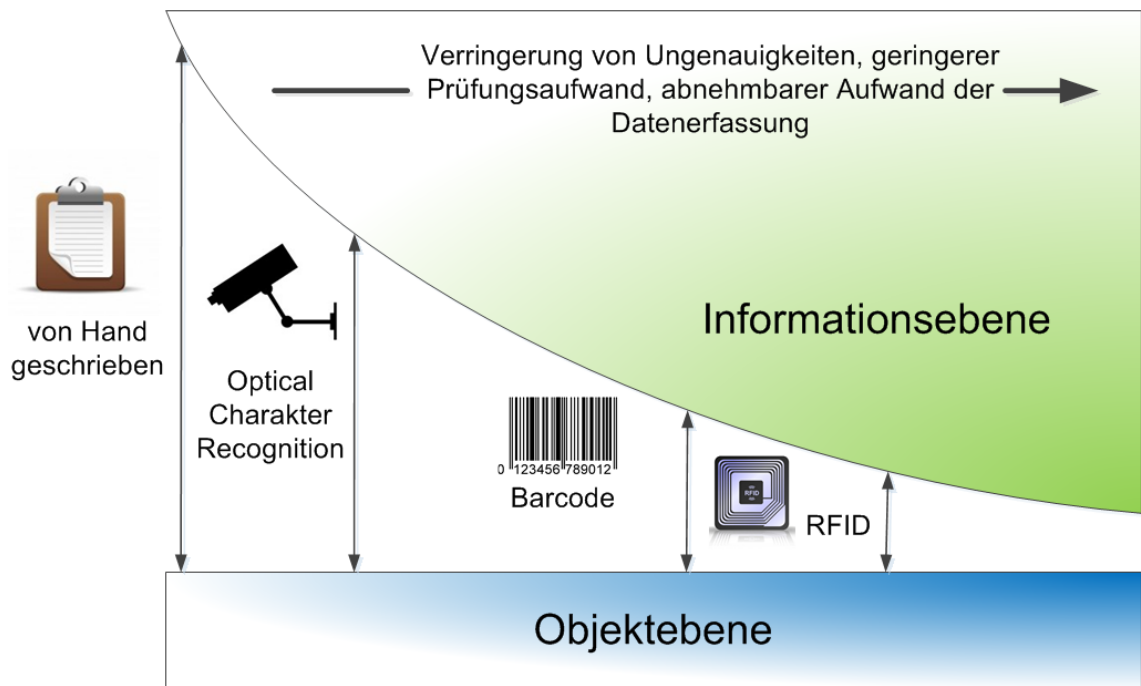


Abb. 18 RFID zwischen Informations- und Objektebene<sup>56</sup>

Die Lücke zwischen Objektebene einerseits und Informationsebene andererseits scheint sich zu schließen, indem die Gegenstände intelligent werden und durch Anwendung der RFID-Technologie untereinander kommunizieren können.

Sicherlich ist es bis zu dieser Vorstellung noch ein weiter Weg, aber die Entwicklungstendenz in diese Richtung ist eindeutig erkennbar.<sup>56</sup>

In der Logistik kann bspw. das RFID-System unterstützend in der automatisierten Buchung der Warenein- und -ausgänge mitwirken. Ansatzpunkte, wie das Kanban-Konzept in der Fertigung, lassen dadurch völlig neue Perspektiven und Alternativen aufleben, denn die Lagerstandveränderungen werden automatisch im Hintergrund abgewickelt. Ein Outsourcen der Beschaffungslogistik wird attraktiver, wodurch sich das Unternehmen auf die Kerngeschäfte fokussieren und diese ausbauen kann.

<sup>56</sup> Vgl. Kern (2007), S. 1-2

Aufbau und Funktionsweise von RFID-Systemen:

Im Grunde genommen unterscheiden sich der Aufbau und die Funktionsweise des mit den Chipkarten eng verwandten RFID-System nur in einem Detail. Erfolgen bei Chipkarten durch galvanische Kontakte die Energieversorgung des Datenträgers und der Datenaustausch, so wird beim RFID-System, unter Verwendung magnetischer oder elektromagnetischer Felder, diese Operation ermöglicht. Die technischen Verfahren hierzu wurden bereits in den 60er Jahren aus der Funk- und Radartechnik übernommen und auf industrieller Basis angewandt.<sup>57</sup>

Ein RFID-System besteht immer aus zwei Komponenten:

- TRANSPONDER      der an dem zu identifizierenden Objekt angebracht wird.
- LESEGERÄT      das je nach Ausführung und eingesetzter Technologie als Lese- oder Lese- und Schreib-einheit erhältlich ist.

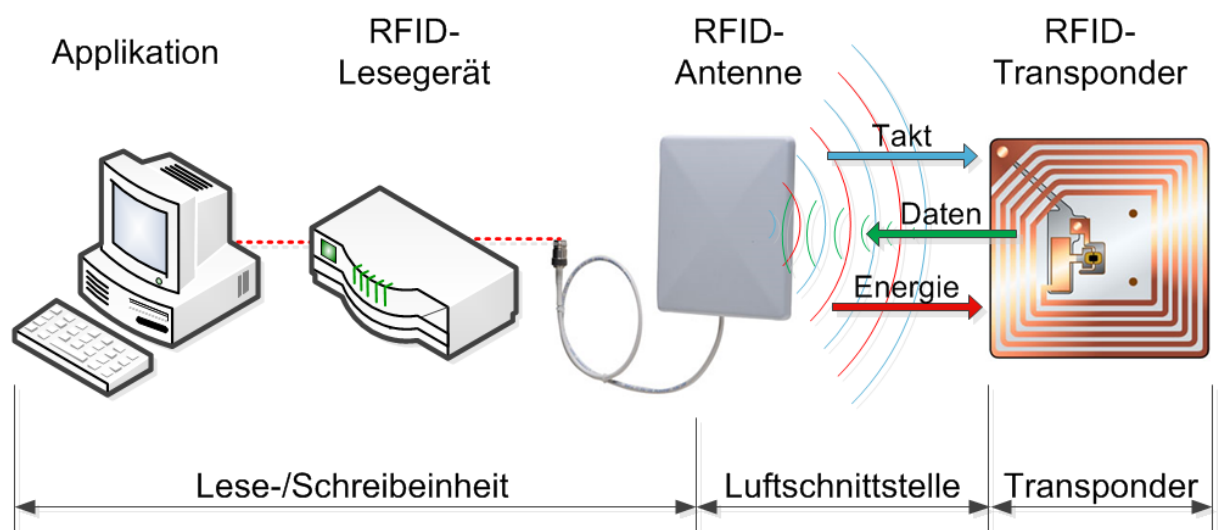


Abb. 19 Aufbau von RFID-Systemen<sup>57</sup>

Um einen vollkommenen Datenaustausch zwischen Transponder und Lesegerät zu ermöglichen, beinhalten **Lesegeräte** typischerweise ein Hochfrequenzmodul, das speziell zum Senden von Takt und Energie und auch von Daten notwendig ist und der entsprechenden Koppereinheit zum Transponder, die meist als Antenne ausgebildet ist. Über genormte Schnittstellen der PC-Hardware (RS 232, RS 485, ...) am RFID-Lesegerät kann das gesamte System in ein IT-Netzwerk eingebunden werden.

<sup>57</sup> vgl. Finkenzeller (2008), S. 6-7

Der **Transponder**, bestehend aus der Koppereinheit (Antenne) und einem integrierten Mikrochip, stellen den eigentlichen Datenträger des RFID-Systems dar.

Es wird grundsätzlich zwischen zwei Varianten an Transpondern unterschieden, bei denen die Transponder ohne eigene Energieversorgung auskommen (passive Systeme), sowie Transponder, die über eine eigene Energiequelle den Datenaustausch durchführen (aktive Systeme).

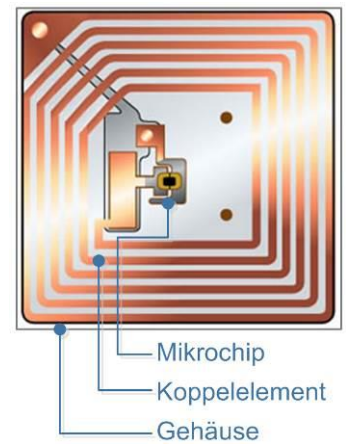


Abb. 20 Aufbau RFID-Transponder<sup>57</sup>

### Energieversorgung

Bei **passiven Systemen** wird durch die induktive Koppelung zwischen Lesegerät und Transponder die Energie initiiert. Dabei wird durch die Antennenspule des Lesegerätes ein hochfrequentes, elektromagnetisches Feld erzeugt, das mit dem Schwingkreis des Transponders abgeglichen ist. Nähert sich nun das Lesegerät mit dem Wechselfeld dem Transponder oder umgekehrt, so wird über dessen Spule eine Energie in den Schwingkreis eingekoppelt, die für den Betrieb des Mikrochips genutzt wird. Verweilt der Transponder lange genug in diesem Wechselfeld des Lesegerätes, so kann genügend Energie initiiert werden, sodass die Sendeelektronik die Daten auf dem Mikrochip freigibt und über das Koppелеlement in Form von Radiowellen an das Lesegerät transferiert.



Passive Systeme haben im Anwendungsgebiet der Übertragung von Daten über größere Entfernung an Bedeutung gewonnen. Hier reicht die über die Radiowellen übertragene Energie, aufgrund der höheren Entfernung zur Versorgung des Mikrochips nicht mehr aus. Die eigentliche Stromversorgung übernimmt hier die passive Energiequelle (Batterie). Lediglich das „Wake-Up-Signal“, das Signal welches dem Transponder das Signal gibt, die Daten für das Lesegerät freizugeben, wird über Radiowellen vom Lesegerät an den Transponder transferiert<sup>58</sup>

<sup>58</sup> Vgl. RFID-Basis

### Frequenz und Reichweite

RFID-Systeme arbeiten auf unterschiedlichen Frequenzen und können nach dem heutigen Entwicklungsstadium der RFID-Technologie in die drei Kategorien:

- Low frequency (LF, 30-500 kHz)
- High frequency (HF, 10-15 MHz)
- Ultra high frequency (UHF, 433 MHz, 850-950 MHz, 2,4-2,5 GHz)

unterteilt werden.

Mit dem Grundsatz der proportional, zur Frequenz ansteigenden Energiemengen, die über Radiowellen übertragen werden, müssen in Abhängigkeit der Wellenlänge die Koppelungselemente angepasst werden. Werden im LF-Bereich Antennen bzw. Spulen mit vielen Windungen benötigt, um die Energiemengen zu initiieren, so sind in Richtung UHF-Bereich nur noch Dipole als Antenne notwendig.

Da Koppelungselemente unter anderem die Baugröße der Transponder bestimmen, besteht der Vorteil von HF-, bzw. UHF-Systemen darin, dass mit Zunahme der Taktfrequenz der RFID-Systeme die Größe der Antenne und dadurch auch die Baugröße des Transponders allgemein abnehmen. Somit ist es bereits ab dem HF-Bereich, aufgrund der kürzeren Wellenlänge und der noch wenigen notwendigen Antennenwindungen möglich, die Antenne kostengünstig auf Folien zu drucken, auf der auch anschließend der Mikrochip befestigt werden kann (Smart Labels).

Auch die Reichweiten können mit diesem Grundsatz vom Frequenztakt der RFID-Systeme abgeleitet werden. Werden Systeme im LF-Bereich für unmittelbare Entfernungen von 0 – 1cm eingesetzt, so arbeiten HF-Systeme bereits bis ca. 1m, wobei UHF-Systeme für passive Transponder bis 6m arbeiten, bzw. als aktives System für 30m und mehr geeignet sind.<sup>59</sup>

### Datenübertragungsverfahren

Bei der Datenübertragung mit RFID-Systemen kann man grundsätzlich zwischen zwei Verfahren unterscheiden. Zum einen ist es das Vollduplexverfahren und zum anderen das Halbduplexverfahren.

Beim **Vollduplexverfahren** findet der Daten- und Energieaustausch zwischen Lesegerät und Transponder zeitgleich statt, was den Hauptunterschied zum Halbduplexverfahren darstellt. Werden Takt und Energie vom Lesegerät zum Trans-

---

<sup>59</sup> Vgl. RFID-Basis

ponder übertragen, kann über die Lastmodulation der Datenaustausch erfolgen. Wird ein Transponder in die Reichweite eines Lesegerätes gebracht, so wird dem Magnetfeld Energie entzogen. Dieser Energieverlust, oder in den meisten Fällen die zusätzliche Entnahme die das Lesegerät verursacht, um das Magnetfeld gleichmäßig aufrecht zu erhalten wird vom Lesegerät registriert. Durch diesen Lastwechsel können schließlich Informationen vom Lesegerät aufgenommen werden.<sup>60</sup>

Eine weitere Möglichkeit, welche im Mikrowellenbereich Anwendung findet, ist der „modulierte Rückstrahlquerschnitt“. In diesem Fall werden Wellen vom Transponder, je nach dessen Einstellung unterschiedlich schwach oder stark an das Lesegerät zurückgestrahlt (reflektiert), aufgrund dessen ein Datentransfer ermöglicht wird.<sup>61</sup>

Das Vollduplexverfahren stellt nur geringe Ansprüche an die Technik, wodurch sich der Vorteil der geringen Herstellungskosten für Transponder ergibt. Jedoch nachteilig ist der Wirkungsgrad bei diesem Verfahren, der einerseits durch die geringen Reichweiten der Datenübertragung zwischen Lesegerät und Transponder und durch das eher unflexible System begründet ist.

Die zweite Variante, das **Halbduplexverfahren**, ist gekennzeichnet durch eine abwechselnde Übertragung der Daten und der Energie zwischen Lesegerät und Transponder. Während vom Lesegerät die Energie an den Transponder übertragen wird, kann der Transponder keine Daten übertragen. Daher muss bei diesem Verfahren ein angepasster Transponder eingesetzt werden, der durch einen zusätzlich integrierten Kondensator die Energie während der Energieübertragung durch das Lesegerät speichert. Innerhalb der Übertragungspausen, die bewusst durch das Lesegerät gelegt werden, kann der Transponder mit der im Kondensator gespeicherten Energie ein eigenes Datensignal produzieren und an das Lesegerät übertragen. Zum Schluss der Datenübertragung wird der Kondensator wieder vollständig entladen, wodurch der gesamte Transponder inaktiv wird, ehe sich der Vorgang wiederholt.

---

<sup>60</sup> Vgl. Finkenzeller (2008), S.10-11

<sup>61</sup> Vgl. RFID-Journal

Wesentlich aufwendiger schlägt sich dieses System natürlich in den Herstellungskosten nieder. Allerdings kann durch einen höheren Wirkungsgrad die allgemeine Effizienz dieses System begründet werden<sup>62</sup>

### Transponderanordnung

Neben der Leseleistung des RFID-Systems für alle zuverlässigen Transpondererfassungen, spielt auch die räumliche Anordnung der Transponder eine wesentliche Rolle.

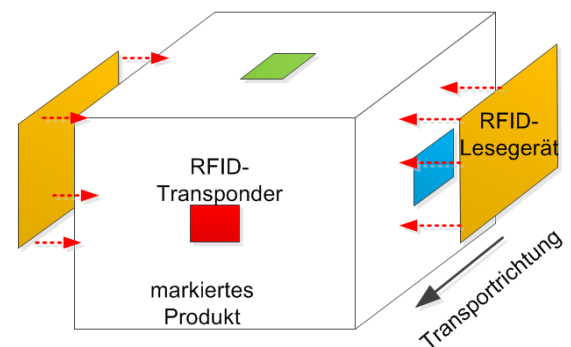
Werden RFID-Transponder auf Produkten positioniert, ist die Positionierung des Lesegerätes bzw. die Bewegungsrichtung des markierten Produktes an der Leseinheit vorbei von wesentlicher Bedeutung, was die Qualität des Leseergebnisses betrifft.

Nachfolgend wurde typischerweise ein quaderförmiges Produkt veranschaulicht, um die 3-dimensionale Möglichkeit der Anordnungsposition von Transpondern bei gleichbleibender Position des Lesegeräts zu veranschaulichen.

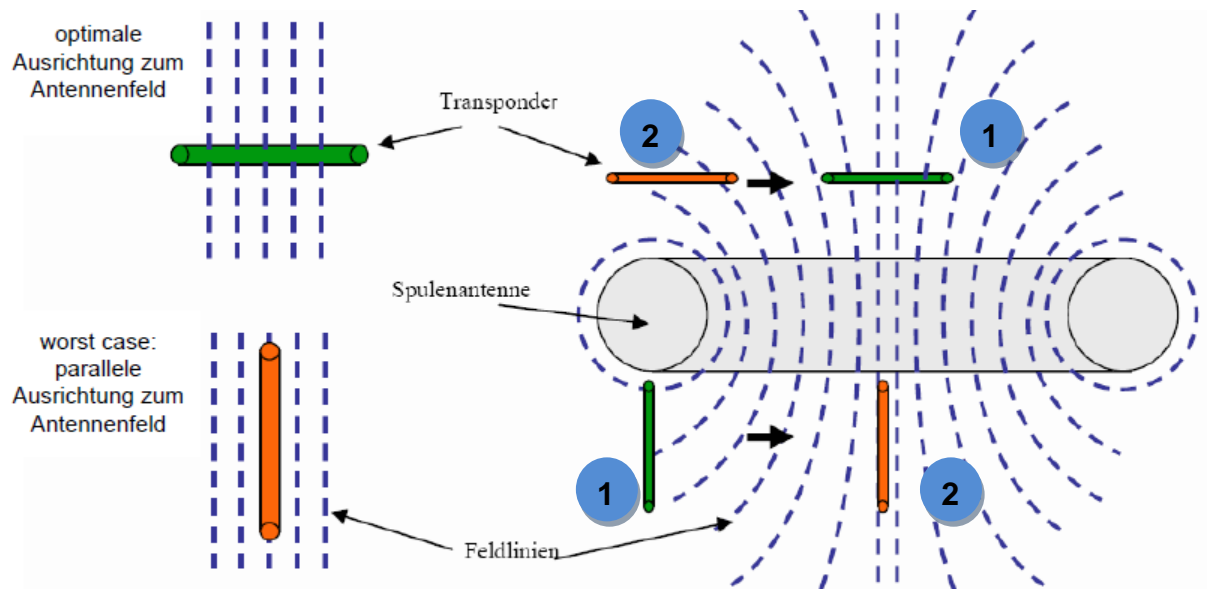
Es können grundsätzlich drei Ursachen für die Reduzierung der Lesequalität, bei räumlicher

Anordnung genannt werden. Zum einen ist es der **Abstand** der Transponder zum Lesegerät. Werden Abstände der Transponder zur **Antenne** überschritten kann durch steigende Entfernung die Feldstärke soweit abnehmen, dass nicht genügend Energie zum Betrieb des Transponders erzeugt werden kann. In Verbindung mit einer ungünstigen **Ausrichtung** des Transponders zu den Feldlinien des Antennenfeldes, wobei wir nun bei Ursache Nummer zwei sind, kann die Energieversorgung des Datenträgers weiter beeinträchtigt werden.

Um hier erkennen zu können ob die Orientierung vorteilhaft gewählt wurde bedingt es die Ausrichtung der Feldlinien eines Lesegerätes näher zu betrachten. Verwenden wir anhand unseres kleinen Beispiels einen Smart-Label Transponder, an dem die Antenne als Spule 2-dimensional in einer Ebene liegt, wird die Auswirkung der Positionierung des Transponders zum Lesegerät an nachfolgender Darstellung deutlich sichtbar.



<sup>62</sup> Vgl. Finkenzeller (2008), S. 10-11

Abb. 21 Feldlinienrichtung RFID-System<sup>63</sup>

Das RFID-System verhält sich hier vergleichbar einer Windkraftanlage, bei der die Windflügel einmal in den Wind gedreht werden, um maximale Angriffsfläche für den Wind sicherzustellen und dementsprechend Leistung aus dem Wind zu gewinnen, bzw. aus dem Wind gedreht werden um, maximale Leistungen (Drehzahlen) nicht zu überschreiten. Der RFID-Transponder verhält sich hier ähnlich. Bietet der Transponder genügend „Angriffsfläche“ zu den Feldlinien des Antennenfeldes, so kann genügend Energie initiiert werden, um die Lesequalität sicherzustellen. Eine orthogonale Ausrichtung zu den Feldlinien ist hier das Optimum [1]. Anders gesehen, wenn der Transponder in Feldlinienrichtung ausgerichtet wird, bietet der Transponder den Feldlinien keine Möglichkeit Energie zu initiieren. Dadurch kann der Transponder durch den Verlauf des Antennenfeldes nicht bzw. nur unzureichend mit Energie versorgt werden. Eine Datenübertragung ist daher unmöglich [2].

Ähnlich kann eine **zu dichte Positionierung** zweier Transponder eine unzureichende Energieversorgung bewirken, wobei wir bei Ursache Nummer drei sind. Speziell durch die Übertragung von Energie, die auch proportional zur projizierten Fläche ist, kann die Versorgung von zwei Transpondern, die sich auf einer Flächeneinheit befinden unzureichend sein. Gleichmaßen gilt dies für aufeinander bzw. hintereinander positionierte Transponder.<sup>63</sup>

<sup>63</sup> Vgl. Wehking (2007), S. 9-10



### Transponderbauformen

Ein Transponder kann heutzutage nahezu jede beliebige Bauform erhalten. Unter den gängigsten Formen des Smart-Labels versteht man eine hauchdünne Etikette, bei denen die Transponderspule mittels Siebdruck auf eine Kunststofffolie aufgedruckt wird. Auch der Mikrochip und die notwendige Elektronik werden auf dieser flexiblen Etikette untergebracht. Je nach Anwendung können anschließend noch Zusatzanforderungen an den Transponder gestellt werden, z.B. erhöhte mechanische, chemische oder thermische Stabilität, die mit der Konzipierung der Außenhülle des Transponders relativ gut gelöst werden können.

Die nebenstehende Tabelle gibt einen Überblick der verschiedenen Anwendungen, wo RFID-Transponder integriert werden können, und wie die Bauform dementsprechend angepasst wird.<sup>64</sup>




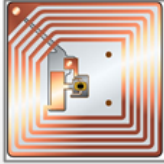
Bauform		Anwendungsbereich
	Disks und Münzen als Kunststoffmünze	einfache Befestigung, keine besonderen Anforderungen
	Glasgehäuse	für Tieridentifikation
	RFID-Scheckkarte	Personaldaten für Zugangsbeschränkung bei Gebäuden, Reisepass
	RFID-Smart-Label	Dünnschichtlabel, selbstkleben, besondere Anforderung an Auftragsdicke
	RFID-Schraube/-Nagel	Einsatz im Maschinen- und Anlagenbau, einfache Befestigung, unempfindlich ggü. mech. Beschädigung

Tabelle 1 Übersicht Bauformen RFID-Transponder<sup>64</sup>

#### 2.4.3. Eigenschaften, Übersicht, Vergleich der vorgestellten ID-Systeme

Wurden nun die einzelnen ID-Systeme in ihrer Funktion und Anwendung dargestellt, gibt es natürlich auch unterschiedliche Eigenschaften, die die einzelnen Systeme mit sich bringen. Als Übersicht folgt nun eine Eigenschaftsmatrix, die einen Vergleich der Systeme ermöglicht. Dabei wurden gleich Eigenschaftskriterien in Anlehnung an die spätere Anwendung, zur Unterstützung des PM und QM, aufgelistet, um einen ersten Eindruck über die Tauglichkeit der Systeme zu gewinnen.

<sup>64</sup> Vgl. Finkenzeller (2008), S. 14-22

ID-System		bauliche Eigenschaften	Beständigkeit			Datenübertragung		
		Baugröße	Druck	Temperatur	Feuchtigkeit	Störquellen	Reichweite	Kapazität
	Barcode- und Datamatrixcode-systeme	5	5	4	3	2	3	2
	OCR- und Bildbearbeitungs-systeme	5	5	4	3	2	3	4
	Chip- und Magnetkartensysteme	3	2	3	2	2	1	5
	RFID-Systeme	4	4	4	4	3	5	5

1 sehr schlecht  
 2 schlecht  
 3 mittel  
 4 gut  
 5 sehr gut

Tabelle 2 qualitative Eigenschaftsmatrix der vorgestellten ID-Systeme

### **3. Das PM und QM der Eternit-Werke Ludwig Hatschek AG**

Wurde im ersten Kapitel das Produktions- und Qualitätsmanagement, als eine wichtige in der Produktion unterstützende Funktion, sozusagen als „das Rückgrat“ eines jeden gut funktionierenden Unternehmens kennengelernt, so soll in diesem Kapitel das Unternehmen der Eternit-Werke Ludwig Hatschek AG, speziell aber auch die Produktion bzw. das Produktionsverfahren näher gebracht werden, um in weiterer Folge das implementierte Produktions- und Qualitätsmanagement zu veranschaulichen.

#### **3.1. das Unternehmen**

Die Eternit-Werke Ludwig Hatschek AG, mit Sitz in Vöcklabruck (Oberösterreich) ist nun seit mehr als 100 Jahre als Komplettanbieter für Dach- und Fassadenprodukte nicht nur in Österreich, in dem Land in dem 1900 alles begann, sondern auch weit über die Landesgrenzen hinaus für dessen Spitzenprodukte bekannt.

Mit dem Erwerb einer Kochmühle in Schöndorf bei Vöcklabruck gelang es dem Gründer der Eternit-Werke, Ludwig Hatschek, mit seinem Erfinderreichtum und Unternehmergeist einen völlig neuen Werkstoff zu kreieren, der die Dächer dieser Welt prägend verändert hat.

Unter Verwendung, der ursprünglich in der Kochmühle produzierten Pappe gelangt es Ludwig Hatschek, unter Beimischung von Portlandzement und Asbestfasern einen leichten, wasserundurchlässigen und feuerfesten Werkstoff zu entwickeln. Unter dem Namen Eternit, eine Anlehnung an den lateinischen Begriff „aeternitas“ was das Unvergängliche und Ewige charakterisiert, wurde die Wertschöpfung weltweit bekannt.



Abb. 22 Eternit  
Wortbildmarke  
(Quelle: Eternit)



Abb. 23 Ludwig  
Hatschek um 1900  
(Quelle: Eternit)

#### **3.1.1. die Produktpalette**

Dieser damals völlig neue Werkstoff, geprägt durch eine Vielzahl an positiven Eigenschaften, fand schon bald im Bereich der Dacheindeckungen, aufgrund der Wasserundurchlässigkeit, Anwendung. Mit einem sehr einfachen und kleinen Format stieß Ludwig Hatschek nicht nur wegen der einfachen Verarbeitung des Werkstoffes, sondern auch wegen dessen Leichtigkeit bei den Dachdeckern auf

große Begeisterung. Während der Werkstoff nahezu in ganz Österreich Einzug hält, wurden durch Erweiterungen der Sortimentsparte Dach weitere Kundengruppen gewonnen. Vor allem die optische Variation der Dachplatten, aber auch die Verwendung eines größeren Formates, was bzgl. schnellerer Verlegung Vorteile brachte, begeistert die Kunden.

Mit der Anwendung von Eternit als Wandverkleidung schaffte man eine langlebige und ebenso witterungsbeständige Hülle, die heutzutage bei vielen modernen Gebäuden, als eine Rundum-Fassade im Einsatz ist.

Der Anwendbarkeit des Baustoffes Eternit sind keine Grenzen gesetzt, dies wird vielfach durch das Sortiment Design & Interieur bestätigt.

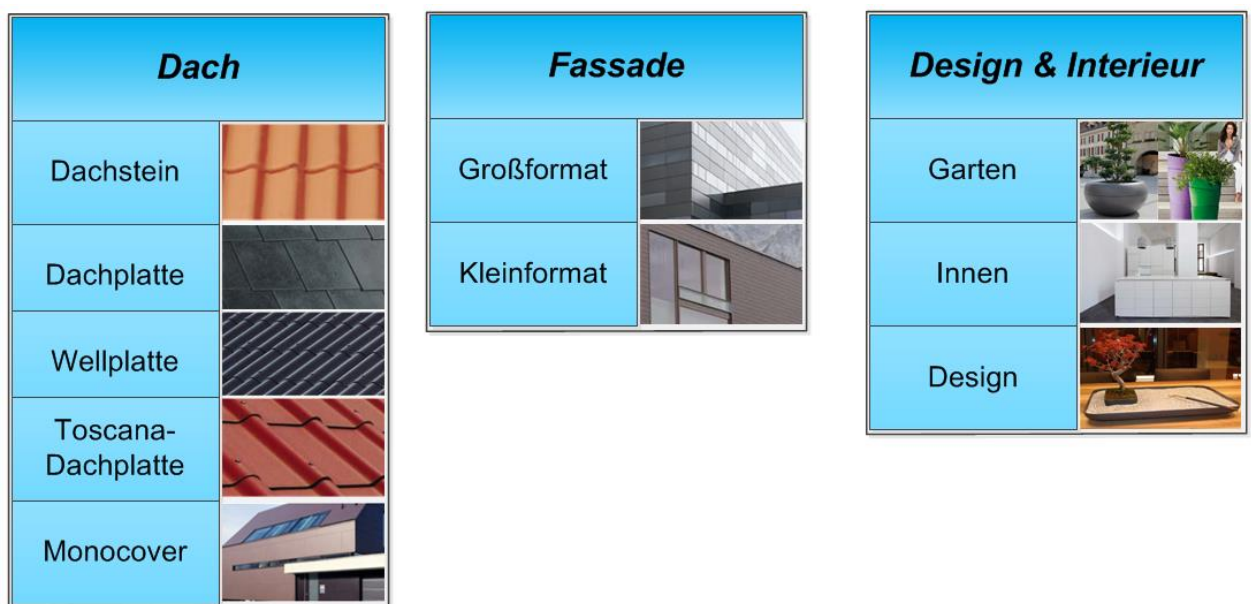


Abb. 24 Produktsortiment (Quelle: Eternit)

### 3.1.2. der Produktionsprozess

Da das Produktions- und Qualitätsmanagement in den Produktionsprozess von Eternit direkt eingreift, bedarf es einem kleinen Überblick des Produktionsprozesses:

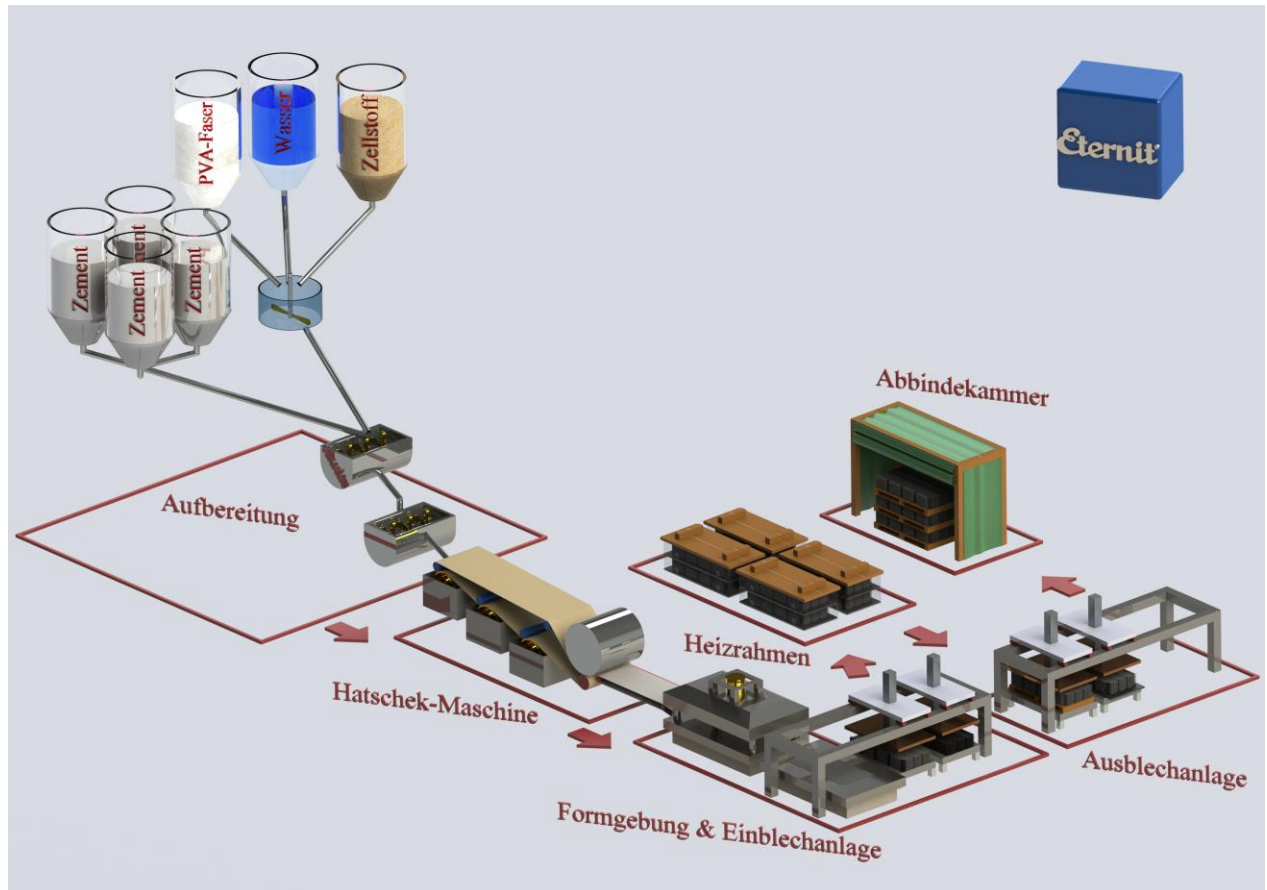


Abb. 25 der Produktionsprozess von Eternit (Primärproduktion) (Quelle: Eternit)

#### Aufbereitung

Wie auch in verschiedenen anderen Produktionen, sei es in der Lebensmittelproduktion oder in vergleichbaren Betrieben für Baumaterialien, z.B. einem Betonwerk, geht all voran die definierte Zusammenstellung ausgewählter Rohstoffe zur Fertigmischung. Bei der Produktion von Eternit – nun seit langem asbestfrei – wird diese Fertigmischung als Stoff oder Stoffmischung bezeichnet und besteht aus:

- Zement als Bindemittel
- Wasser als Abbindehilfe
- Zellstoff als Prozessfaser
- Armierungsfaser zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften

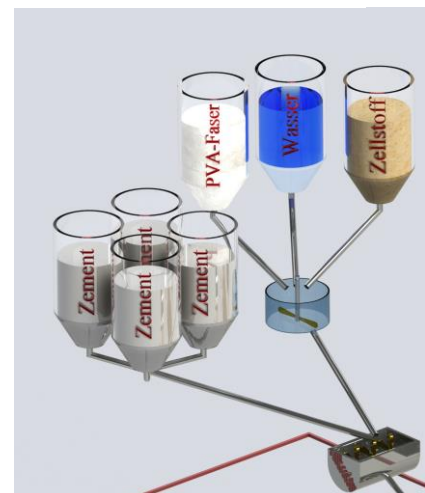


Abb. 26 die Aufbereitung (Quelle: Eternit)



- Zusatzstoffe (Pigmente, Prozesshilfsmittel, ...)

Diese Rohstoffe werden in der Aufbereitung gemäß einem produktspezifischen Rezept zur fertigen Stoffmischung zusammengemischt.

### Hatschek-Maschine

An der Hatschek-Maschine, eine nach dem Erfinder Ludwig Hatschek benannte Maschine, die in Anlehnung an die Papierindustrie speziell für die Produktion von Eternit angepasst wurde, wird nun die Stoffmischung zugeführt. An dieser Hatschek-Maschine wird durch Entwässerungsvorgänge die Stoffmischung samt ihrer zugemischten Rohstoffe vom überschüssigen Prozesswasser getrennt. Man erhält ein Faser-Zement-Vlies mit ca. 1mm Dicke. Je nach Produkt wird das noch weiche und formbare Faserzementvlies auf einer Formatwalze bis zu den gewünschten Produktdicken aufgerollt und anschließend abgeschnitten und abgerollt. Es werden so Platten (Abschnitte) mit einer Breite von ~1.400mm und einer Länge von bis zu 3.600mm erzeugt. Die Dicke kann wie gesagt, je nach Lagenzahl von 1-2 mm bis 20mm variieren.

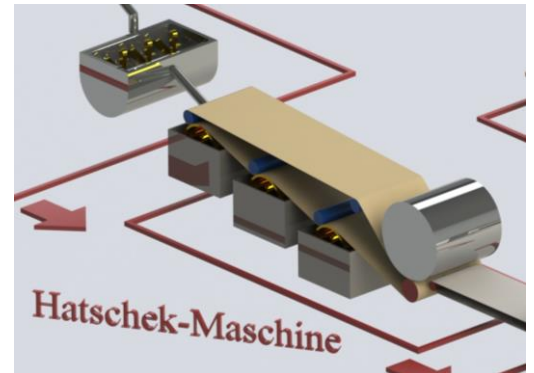


Abb. 27 die Hatschek-Maschine (Quelle: Eternit)

### Formgebung & Einblechanlage

An der Stanze werden die noch weichen und flexiblen Faserzement-Abschnitte durch Stanzmesser auf die gewünschte Größe formatiert. So werden beim Sortiment Dachplatten die charakteristischen Rhombus- oder Quadratplatten, bzw. beim Sortiment Toscana- Dach- und Wellplatte die Abschnitte für das „Einwellen“ vorbereitet.

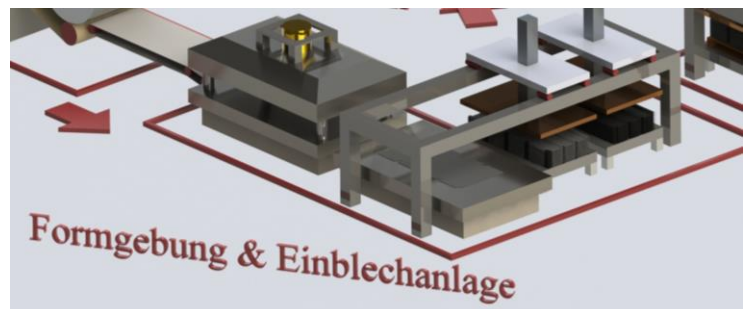


Abb. 28 die Formgebung und Einblechanlage (Quelle: Eternit)

Die Einblechanlage, als der Stanze nachgelagerter Produktionsschritt, sorgt dafür, dass die noch weichen Abschnitte ihre Formhaltigkeit bewahren. Dies wird durch abwechselndes Stapeln von Pressblech, als Formunterlage und Produkt erreicht.

Durch dieses wechselseitige Abstackeln von Blech, Produkt, Blech, Produkt usw. werden sogenannte Mischstapel erzeugt. Je nach Sortiment verwendet man so-

wohl bei Dachplatten, als auch beim Sortiment Fassade ebene Bleche, bzw. werden speziell bei der Toscana-Dach- und bei der Wellplatte profilierte Bleche verwendet, um das charakteristische Wellprofil zu erhalten.

### Heizrahmen

Die produzierten Mischstapel werden anschließend an separate Stellplätze weitergeleitet. An diesen Stellplätzen beginnt der Zement in den Produkten, durch Unterstützung einer Zusatzheizung mit der Dehydratation, also das Produkt beginnt unter Feuchtigkeitsverlust und Erzeugung von Wärme fest zu werden. Die Produkte verweilen an den Stellplätzen dabei je nach Produktsortiment ca. 8 Stunden, bzw. so lange, bis eine gewisse Mindesttemperatur, als Indikator der erzeugten Dehydrationsenergie, erreicht wurde, ehe sie der Ausblechanlage zugeführt werden.



Abb. 29 der Heizrahmen (Quelle: Eternit)

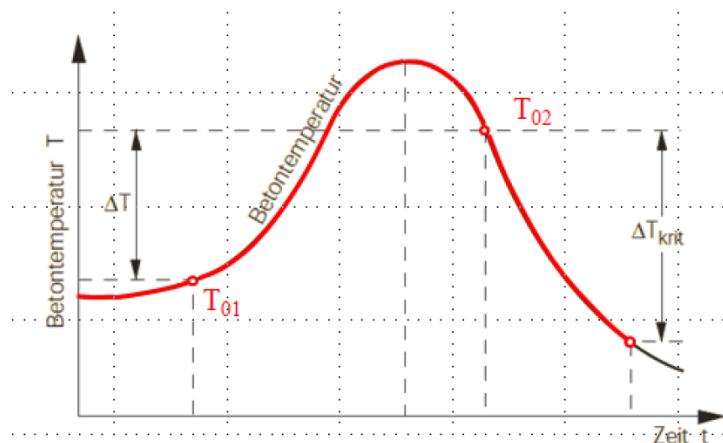


Abb. 30 Hydrationswärme<sup>65</sup>

### Ausblechanlage

An der Ausblechanlage ist der Dehydrationsprozess, im Fachjargon auch Abbindeprozess genannt, soweit fortgeschritten, bzw. haben die Produkte eine ausreichende Festigkeit und Formhaltigkeit erreicht, dass sie von ihren formgebenden Blechmodellen wieder getrennt werden können. Mit der Einblechanlage vergleichbar wird hier der gegensätzliche Produktionsprozess verübt und zwar werden hier im Mischstapel die Produkte von ihren Modellen getrennt. Die Modelle werden gereinigt und dem

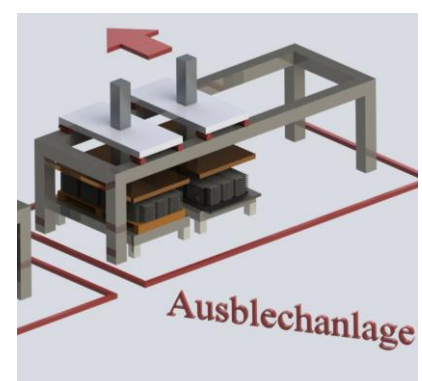


Abb. 31 die Ausblechanlage (Quelle: Eternit)

<sup>65</sup> Vgl. VÖZ

Produktionsprozess wieder zugeführt, wobei die Produkte, in diesem Produktionsfortschritt als Rohware bezeichnet, auf Paletten abgestapelt und ins Rohwaren- bzw. Zwischenlager transportiert werden.

Die Produktionsschritte der Aufbereitung bis hin zur Ausblechanlage finden in einem Unternehmensbereich statt und werden unter dem Begriff Primärproduktion gesammelt betrachtet.

#### Rohwaren-Zwischenlager

Die auf den Paletten abgestapelte Rohware wird in den Lagerhallen so lange gelagert und für den nächsten Produktionsschritt bereit gehalten, bis das Mindestalter der Produkte erreicht ist. Das Mindestalter des Produktes ist insofern von Bedeutung, als dass der Zement in den Produkten noch nicht vollständig mit dem restlichen Wasser reagiert und somit abgebunden hat. Das Mindestalter wird von den Zementherstellern definiert und bewegt sich im Bereich von 28 Tagen. Bis zu diesem Alter erreicht der Beton die zementartabhängige Endfestigkeit.

Die Produkte des Sortiments Dachplatte werden nach dem Zwischenlager direkt im Bereich der Konfektionierung weiterverarbeitet, sie überspringen somit den Produktionsprozess „Beschichtung“, da dieser Prozess bereits in der Primärproduktion durchgeführt wird.

Das Rohwaren- und Zwischenlager stellt somit einen Zwischenprozess zwischen der zuvor genannten **Primärproduktion** und der nachfolgenden **Sekundärproduktion** dar, die die Bereiche Beschichtung, Konfektionierung, Lager und Versand beinhaltet.



Abb. 32 das Rohwaren- und Zwischenlager (Quelle: Eternit)



### Beschichtung

Mit dem entsprechenden Mindestalter können nun die Produkte des Sortiments Toscana- Dach- und Wellplatte, als auch Fassade für den weiteren Produktionsprozess freigegeben werden.

Der Produktionsprozess der Beschichtung beinhaltet die Trocknung und Beschichtung der Produkte. Mit der Trocknung wird dabei der Wassergehalt soweit reduziert, dass der chemische Abbindeprozess des Zements gestoppt wird. Mit der anschließenden Beschichtung – entsprechend Kundenwunsch in allen erdenklichen Farbvariationen – ist auch dieser Prozess abgeschlossen.

### Konfektionierung

Die fertig beschichteten Produkte, vor allem die Produkte des Sortiments Fassade müssen nach Kundenwunsch entsprechend konfektioniert werden. Das heißt, die beschichtete Rohware wird auf das gewünschte Endformat zugeschnitten und Bohrungen bzw. Anbauteile für die Montage werden gesetzt.



Abb. 33 Schneidanlage zur Konfektionierung  
(Quelle: Eternit)

### Fertigwarenlager & Versand

Mit dem Fertigwarenlager werden die fertigen Produkte aller Sortimente versandfertig bereitgestellt, ehe sie über die Kommissionierung und dem Versand direkt zu den Kunden gelangen.

## 3.2. derzeitiges Produktions- und Qualitätsmanagement bei den Eternit-

### Werken

Nachdem nun der Produktionsprozess von Eternit näher gebracht wurde, kann das Produktions-, aber auch das Qualitätsmanagement dargestellt werden. Im speziellen umfasst diese Arbeit nicht den gesamten Prozess des Managementzyklus, sondern wird sie auf den Bereich der Kontrolle eingeschränkt. Diese Arbeit behandelt somit den Bereich der physischen Planungsebene (2.2.3 die Entscheidungs- und Planungsebene), um dezidiert den Vorgang der Produktionsrückmel-

dungen darzustellen, wie dieser Vorgang derzeit bei den Eternit-Werken durchgeführt wird, bzw. welche Schwachstellen dieses System aufweist.

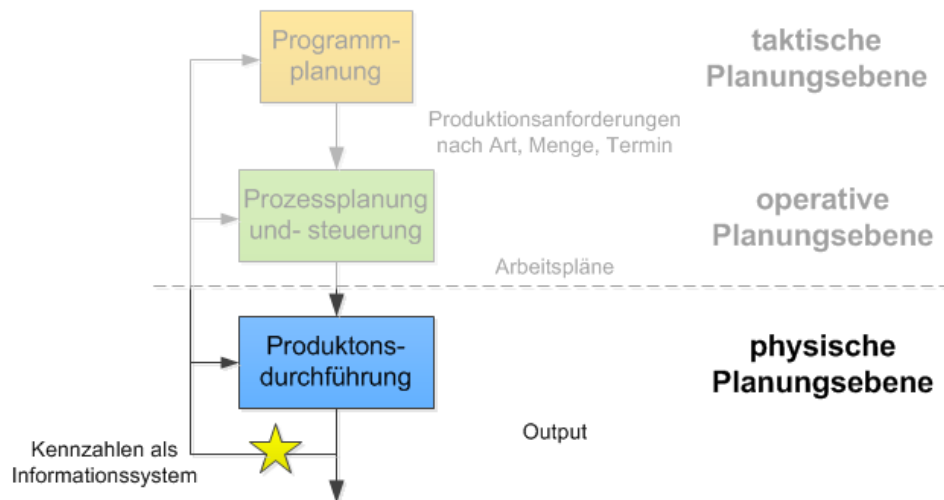


Abb. 34 Eingrenzung des Produktions- und Qualitätsmanagements

Aber wie wird nun eine Produktion nach Art, Menge und konkretem Termin bei den Eternit-Werken ausgelöst?

### 3.2.1. operative Planungsebene – Arbeitspläne

#### Bestimmung der monatlichen Produktionspläne:

Von der strategischen-, konkret aber von der taktischen Planungsebenen abgeleitet, erhält die Produktionsplanung (operative Planungsebene) bei den Eternit-Werken den **Jahresproduktionsplan**, welche Menge von welchem Produkt erzeugt werden muss. Dabei werden für die Produktion Jahresprognosen auf Basis der letzten Produktions- bzw. Absatzjahre erstellt, die nach Art der Produkte aufgliedert sind.

Über den **Monatsindex** kann dabei die festgelegte Jahresproduktionsmenge auf die einzelnen Monate aufgeteilt werden. Der Monatsindex ist dabei definiert, als eine Kennziffer, die prozentual die Monatsproduktionsmenge festlegt, sodass zu Jahresende in Summe die prognostizierten 100% der Jahresproduktionsplans erreicht werden. Dabei richtet sich dieser Monatsindex vor allem nach den gewonnenen Erfahrungswerten aus dem Absatzgeschäft, die je nach Produktgruppe kleinere Abweichungen haben können.

Die beiden Parameter, also der prognostizierte Jahresproduktionsplan und der Monatsindex, ermöglichen somit die Definition der monatlichen Produktionsmenge nach Produktproduktgruppe.

In der Produktionsplanung (operative Planungsebene) werden bei den Eternit-Werken spezielle Tools verwendet, so z.B. die „Planungstabelle nach kritischer Woche“. Dieses Tool gibt dem User Auskunft, speziell über die verfügbare Fertigware im Lager und prognostiziert nach den im Programm hinterlegten Absatzparametern die kritische Woche, in der die Lieferunfähigkeit nach Produktgruppe eintreten würde.

#### Sicherstellung der Ressourcen (Elementarfaktoren):

Um jedoch wöchentliche Arbeitspläne vergeben zu können, müssen für die Produktion der Produkte notwendige Ressourcen, nach Gutenberg auch Elementarfaktoren genannt, sichergestellt werden. Zu diesen notwendigen Ressourcen zählen vor allem:

- Produktionsanlagen
- Arbeit (körperliche- und geistige-)
- Rohstoffe, Hilfsstoffe, ...

die in einer monatlichen Besprechung zugeteilt und somit für die nächste Monatsproduktion freigestellt sind.

Sollte es z.B., aufgrund von Personalmangel (Krankheit, Urlaub, ...) zu einem Mangel des Elementarfaktors „Arbeit“ kommen, kann im Zuge dieser monatlichen Besprechung rechtzeitig durch entsprechende Gegenmaßnahmen, z.B. durch

- Heranziehen von Personal aus anderen Produktionsbereichen
- Beschaffung von Leiharbeitern (Personalleasing)

reagiert werden.

#### Erstellung der wöchentlichen Arbeitspläne:

Liegen die monatlichen Produktionspläne auf, bzw. sind auch die Ressourcen für die Produktion sichergestellt und mit den anderen Produktionsbereichen abgestimmt, können die wöchentlichen Arbeitspläne an die Produktion übergeben werden.

Dabei werden wöchentliche Produktionspläne für verschiedene Produktionsbereiche erstellt:

- **Primärproduktion:**  
*Herstellung der Rohware*
- **Sekundärproduktion**

*Weiterverarbeitung der Rohware*

- Trocknung und Beschichtung
- Konfektionierung

<b><u>Arbeitseinteilung für KW 6/2014 v. 3. – 7. 2. 14</u></b>		
<b>38,5-h-Woche</b>		
<u>PM 3 + 4:</u> 3-schichtig		
		Artikel-Nr.
<b><u>PM II</u></b>	<b>S T I L L S T A N D</b>	
<b><u>PM III</u></b>	<b>RW-Fassadentafeln SCHWARZ lt. VP-Notiz 6/2014</b>	
	8.000 A. 3070/1250/8	608749
	200 A. 3070/1250/8 <b>W240</b> (Delta-Trela)	616876
<b><u>PM IV</u></b>	<b>RW-Welle P6 lt. SP-Notiz 49/2013</b>	
	19.500 A. 2500 4-Prägeeck	488615

Abb. 35 Beispiel eines wöchentlichen Produktionsprogrammes KW 06/2014 (Quelle: Eternit)

3.2.2. Produktionsrückmeldungen

Unter Verwendung der wöchentlichen Produktionsprogramme kann sowohl die Primärproduktion Rohware produzieren, als auch die Sekundärproduktion die Rohware zu verkaufsfähigen Fertigprodukten weiterverarbeiten.

Es können dabei innerhalb einer Wochenproduktion unterschiedliche Rohwaren und Fertigprodukte hergestellt werden. Die Produktionsabfolge, welches Produkt zuerst produziert wird, bzw. wie das restliche Wochenprogramm konkret eingeteilt wird bleibt der Produktion somit frei wählbar. Lediglich das Wochenziel, speziell die Stückzahl muss zu Wochenende stimmen.

Während der Produktion werden geregelte Produktionsrückmeldungen durchgeführt. Diese Produktionsrückmeldungen werden dabei einmal täglich eingegeben und beinhalten auf die 3 Schichten (Früh-, Mittags- und Nachtschicht) verteilt, nachfolgende Informationen:

- Welche Rohstoffe wurden eingesetzt (in der Sekundärproduktion auch Rohware)?
- Welche Stückzahl an Produkten wurde hergestellt?
- Welche Stückzahl an Produkten entspricht nicht der geforderten Qualität und wird somit als Ausschuss gemeldet? Dabei ist auch der Ausschussgrund vermerkt und ist für spätere Statistiken interessant.

- In welcher Lagerhalle, bzw. auf welchem Stellplatz befinden sich die Produkte?
- Welche Störungen sind während der Produktion aufgetreten und trugen dabei zu qualitativen Mängeln an den Produkten, bzw. zu Produktionsverzögerungen bei?

Diese Produktionsrückmeldung wird dabei von der Produktion über standardisierte Formblätter handschriftlich erfasst und in ein PLM-System übertragen.

Exkurs PLM-System:

In der Industrie ist man es gewohnt, dass man ab einer gewissen Unternehmensgröße Aufgaben nicht von Hand aus erledigen kann, sondern gewisse Kernaufgaben wie Marketing, Forschung und Entwicklung, Produktion und Vertrieb zu verteilen. Das Management sitzt wie bereits allzu oft kennengelernt darüber und steuert den Gesamtprozess in der Regel über die technische Leitung, das Controlling und den Vertrieb. Das Product-Lifecycle-Management bzw. Produktlebenszyklusmanagement (PLM) ist dabei ein Konzept, dass in solchen Fällen unterstützend wirkt und die Integration sämtlicher Informationen, die im Verlauf des Lebenszyklus anfallen sicherstellt. Dieses Konzept bedient sich IT-Systemen zur Aufzeichnung, aber auch Verwaltung und Weiterverarbeitung von Daten und verbessert dadurch die Kontrolle diverser Prozesse (PDM). Durch die erfolgreiche Verwendung dieses Konzeptes können Aufwände und Erträge während des Lebenszyklus transparent dargestellt werden, und so der Erfolg des Produktes, die Position auf dem Markt und letztlich die Existenz des Unternehmens sichergestellt werden.<sup>66</sup>

*Exkurs-Ende*

---

<sup>66</sup> Vgl. Sandler (2009), S. 2-10

Um die produzierte Roh-, aber auch Fertigware der Produktionsrückmeldung und somit den Daten im PLM-System 100%-ig zuordnen zu können, werden an den Paletten sogenannte Beipackzettel angebracht.

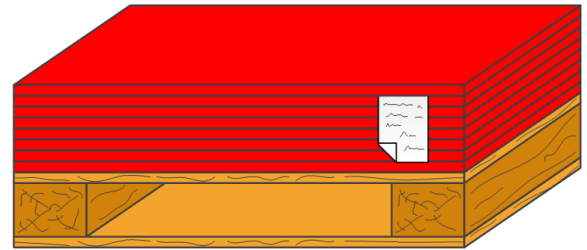


Abb. 36 Beipackzettel auf Produktpalette

Diese Beipackzettel informieren über:

***Produktionsdatum***

Über Zeit-Stempeluhren wird der genaue Produktionszeitpunkt der Palette auf dem Beipackzettel aufgezeichnet (Uhrzeit, Tag, Monat, Jahr)

***SP-Nummer***

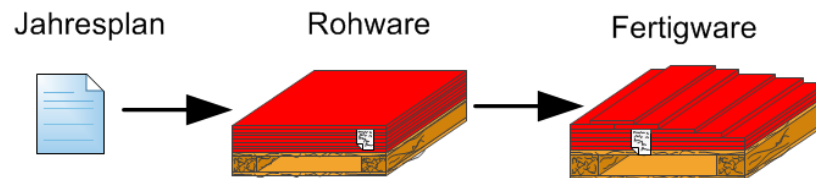
Über diese Serienproduktionsnummer (SP-Nummer) sind produktspezifische Produktionsparameter hinterlegt. Z.B. können hier, je nach Kundenwunsch andere individuelle Einfärbungen der Produkte hinterlegt werden.

***Schichtnummer bzw. Bearbeiter***

Über die Schichtnummer, z.B. 402 wird die Produktionsmaschine 4, aber auch die zuständige Schicht (2er Schicht) auf dem Beipackzettel vermerkt. Über die Bearbeiterstempel (Nachname), wird der auf der Palette angebrachte Beipackzettel freigegeben und an der Palette befestigt.

3.2.3. das Produktionsplanungsprogramm (operative Planungsebene)

Die Kennzeichnung der Produkte und auch die Vollständigkeit und korrekte Pflege von wichtigen Produktdaten, sei es die Produktionszeit oder auch ein qualitatives Merkmal ist eine wichtige Aufgabe in jedem Produktionsunternehmen. Schließlich bauen in der Wertschöpfungskette weiterführende Produktionsschritte auf dieser Datenbasis auf, verwenden diese Daten, bzw. ergänzen weitere Daten. Somit kann von der operativen Planungsebene (Produktionsplanung) wochenweise kontrolliert werden, ob auf Basis des Jahresplans, die richtigen Mengen, des richtigen Produktes, mit der richtigen Qualität produziert worden sind. Konnte die Menge nicht erreicht werden, kann eine lagernde Rohware herangezogen werden und zur verkaufsfähigen Fertigware weiterverarbeitet werden.



Hier kommen nun die gewonnenen Informationen aus den laufenden Produktionsrückmeldungen zu tragen, auf Basis deren nun Arbeitsaufträge für die Weiterverarbeitung der Rohware erstellt werden.

Besonders wichtig sind Infos wie:

- welche Rohware (Format, Farbe, ...)?
- welche Menge wurde produziert?
- welche Produktionswoche (Mindestalter)?
- evtl. Sonderkennzeichnungen (qualitative Mängel, ...)?
- auf welchem Lagerstandort befindet sich das Produkt?

Das Fertigwarenlager stimmt mit dem Jahresplan überein und das Produkt kann über den Versand an den Kunden ausgeliefert werden. Die Entnahme der Rohware aus dem Lager zeigt der Produktionsplanung wieder, dass eine Rohware-Produktion ausgelöst, bzw. geplant werden muss, um die laufende Produktion, aber auch die Lieferfähigkeit aufrecht zu erhalten (Kanban-Konzept).

#### 3.2.4. Verwendung der Daten

Die Verwaltung und genaue Aufzeichnung von Daten, die aus der täglichen Produktion, bzw. aus den Produktionsrückmeldungen gewonnen werden, ist ab einem gewissen Produktionsvolumen zwingend notwendig um:

- einen Überblick über einen doch recht komplexen Produktionsprozess zu bekommen
- Fertigungs- bzw. Arbeitsaufträge zu erteilen
- und die Lagerstandorte und Mengen der Produkte im Auge zu behalten.

Dass die Produktion, aber vor allem dessen Planung auf der Qualität dieser Daten aufbaut, ist eine wesentliche Sparte der Datenverwendung.

Wird jedoch die Produktion, wie bereits kennengelernt (2.1.3 Die Transformations Ebenen im Unternehmen) aus Sicht der Transformationsebenen betrachtet, können eben durch die Aufzeichnung von Produktions- und Produktdaten weitaus mehr Informationen gewonnen werden.

Wie bereits kennengelernt stellt der Transformationsprozess in einem Produktionsunternehmen nichts anderes dar, als einen gewissen Kombinationsprozess von Elementarfaktoren (Betriebsmittel, Werkstoffe, Arbeit) mit dem Output in Form von Gütern.<sup>67</sup> Das Produktionsplanungs- und -steuerungs-Controlling (PPS-Controlling) kann dabei die Zielerreichung produktionswirtschaftlicher Ziele, wie beispielsweise kurze Durchlaufzeiten, niedrige Lagerbestände und die Erreichung des Jahresplans, über Messung des Outputs überwachen. Es werden dabei vielmehr Kennzahlen und Kennzahlensysteme verwendet, um über die komplexen Sachverhalte der Produktion zu informieren.<sup>68</sup>

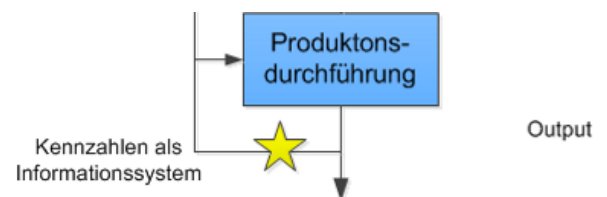


Abb. 37 Kennzahlen als Informationssystem

Ist das Primärziel der Produktionsplanung den Jahresproduktionsplan, delegiert durch die strategische Planungsebene, umzusetzen, so sind im Upper-Management (Unternehmensführung) die Belange eher in einem möglichst effizienten Faktoreinsatz begründet. So kann mit der Verwendung dieser Daten und einem adaptierten Kennzahlensystem des Weiteren auch über die „Effizienz des Faktoreinsatzes“ informiert werden.

Zusammengefasst lässt sich nach Verwendungsgruppe der Daten nachfolgenden Informationen unter Hinzunahme der Daten gewinnen:

#### ***Produktionsplanung und –steuerung***

- Produktionsfortschritt (soll-ist)
- Durchlaufzeit
- Produktqualität
- Information über Monatsindex
- Rohstoff- und Materialeinsatz
- ...

#### ***Unternehmensführung***

- Produktivität (Arbeit, Masch.)
- Kostenstruktur
- Wirtschaftlichkeit
- Umsatzvolumen
- Materialergiebigkeit
- ...

<sup>67</sup> Vgl. Kummer (2006), S. 28-31

<sup>68</sup> Vgl. Luczak (199), S.195-197



Im Rahmen des innerbetrieblichen Vergleichs können diese Kennzahlen das Unternehmen über mögliche Produktivitätssteigerungen usw. informieren, bzw. können sie auch als branchenorientiertes Instrument (Benchmarking) genutzt werden.

### 3.2.5. Einschränkungen, bzw. Schwachstellen

Die Genauigkeit zuvor genannter Kennzahlen baut sozusagen auf der Qualität der Daten auf. Entstehen somit bereits bei der Datenaufzeichnung, eben durch die derzeit handschriftliche Eintragung in Formblättern Ablesefehler oder sogar Schreibfehler, so wirkt sich dies fortlaufend negativ auf die Qualität gewonnener Informationen aus.

Heutzutage wird der Produktion bzw. dem Produktionsmanagement immer mehr eine umfassende (100%-) Kontrolle, aber eben auch Aufzeichnung von Daten abverlangt. Bei Eternit ist dies grundsätzlich nicht möglich, da eben handschriftlich Daten aufgeschrieben werden und somit lediglich eine Stichprobenaufzeichnung möglich ist – außer es wird ein Personal nur für Datendokumentationszwecke an die Produktionsanlage gestellt, aber wir sind uns einig: da gibt es schon bessere und günstigere Lösungsansätze in der heutigen Zeit der „vollkommen Verkabelung“ und des Zeitalters in dem nahezu jeder Prozess computerunterstützt ist.

Mit der handschriftlichen Erfassung der Daten ist erst die halbe Arbeit getan, um brauchbare Information im System parat zu haben. Diese Daten werden in zweiter Stufe von den Formblättern in ein PLM-System übertragen. Eine zweite Stufe heißt auch wieder eine Möglichkeit mehr, wo sich natürlich auch Fehler durch falsches Ablesen oder einer falschen Eingabe einschleichen können. Die Fehlerquote steigt, wodurch die Qualität der Daten schon auf einen Bruchteil geschrumpft ist. Die Qualität der Daten schrumpft, die Fehlerquote, aber vor allem die Kosten, die durch die doch sehr aufwändige Aufzeichnung der Daten entstehen steigen nahezu ins Unermessliche.

Die in das PLM-System übertragenen Daten können schlussendlich über Merkmale wie Produktformat, Produktionswoche und laufender Palettennummer auf das Produkt angewandt werden. Eben diese drei Kennzeichnungsmerkmale werden auf Beipackzettel aufgedruckt und an der Palette fixiert. In einem Produktionspro-

zess, in dem Spritzwasser und Feuchtigkeit keine Seltenheit sind, bzw. durch häufige Handling- und Manipulationsschritte diese Zettel leicht beschädigt oder gar verloren gehen können, stellt diese Kennzeichnung eine wesentliche Schwachstelle dar.



Abb. 38 Beipackzettel zur Palettenkennzeichnung (Quelle: Eternit)

## **4. Weiterentwicklung des PM und QM mittels Einsatz moderner Datenträger**

Als Hilfsmittel eines gut funktionierenden PM und QM sind heutzutage, wie in Kapitel 2 erläutert, eine Vielzahl an moderner Technologien auf dem Markt erhältlich, die sich auf den Produktionsprozess individuell angepasst schon zahlreich bewährt haben.

Um aber die Vorteile eines neuen Systems zur Unterstützung des PM und QM voll auszuschöpfen, bzw. das Gesamtkonzept userfreundlich auszulegen muss zu Beginn eine Kontextabgrenzung der Ziele und Nichtziele durchgearbeitet werden.

### 4.1. Anforderungsprofil an das System

Wie in Kapitel 3 bereits angeführt werden derzeit die Daten des Produktionsprozesses aufwendig in ein PLM-System übertragen. Um diesen Part der Datenaufzeichnung mittels moderner Datenträger zu ermöglichen, muss zuerst das genaue Anforderungsprofil ermittelt werden, um einerseits sowohl von den physischen, als auch von den elektrischen Eigenschaften den optimalen Datenträger, aus einer heutzutage doch recht breitgefächerten Angebotspalette zu wählen.

Das Anforderungsprofil wird dabei schrittweise von der Grob- bis hin zur Feinanpassung heruntergebrochen. Anhand der Reflexion verschiedener Szenarien, wie sie auch in der Produktion von Eternit täglich vorherrschen können, werden alle Anforderungen und Kriterien aufgelistet.

#### *Anforderungsstufe 1 – bauliche und physische Eigenschaften*

Als Weiterentwicklung zum jetzigen System, soll nicht mehr stichprobenartig die Datenaufzeichnung durchgeführt werden, sondern es muss allumfassend jedes Produkt markiert und die Produktionsdaten und alle sonstigen relevanten Daten aufgezeichnet werden. Eine Markierung und Kennzeichnung jedes Produktes ist somit zwingend notwendig.

Dies bedeutet, dass die bis zu 1.300x3.600 großen und zwischen 4mm und 20mm dicken Produkte einen definierten Bereich besitzen, wo eine Markierung angebracht werden kann oder besser gesagt „werden darf“. Denn wie in vielen anderen Branchen ist es auch bei Eternit

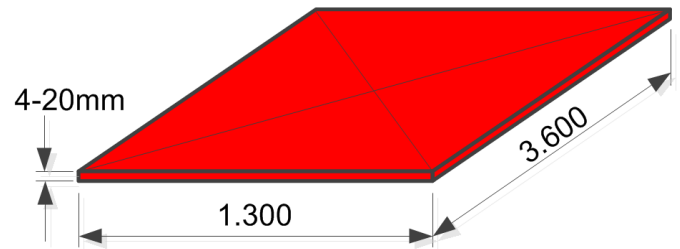


Abb. 39 Produktformat

so, dass an die Oberflächenqualität, sei es die Farbkonzanz oder die Oberflächengüte, hohe Anforderungen gestellt werden. Somit ist die Markierung an der Rückseite und an den vier Produktkanten gestattet, bzw. wenn es die Technologie zulässt, kann auch in das Produkt die Kennzeichnung eingebracht werden.

Dabei soll die Kennzeichnung der Produkte bereits in sehr frühen Produktionsstadien stattfinden, idealerweise wäre dies im Bereich der Hatschek-Maschine, dort wo die Produkte erzeugt und schließlich durch die Stanze und Einblechanlage in Form gebracht werden. An der Hatschek-Maschine werden die Produkte dabei unter Einbringung eines hohen Walzendrucks erzeugt, bzw. sind an einer Hydraulikpresse hohe Drücke zur Glättung der Produktoberfläche erforderlich. Auf dies Drücke ist auch das Kennzeichnungssystem abzustimmen. Weiters sind zu diesem Produktionszeitpunkt die Produkte noch sehr weich und bringen eine gewisse Feuchtigkeit mit, daher sollte möglichst mit einem berührungslosem System für Lese- und/oder Schreibprozesse gearbeitet werden, um das Produkt einerseits, aber auch die Lese- und Schreibeinheit andererseits zu schützen.

Auch während des weiteren Produktionsprozesses, von der Rohwarenerzeugung, bis hin zum versandfertigen Produkt, sind die Produkte und somit auch das System zur Markierung und Kennzeichnung immer wieder hoher Feuchtigkeit, hoher Temperatur, bzw. auch Stößen durch das Handling ausgesetzt.

Besonders in den letzten Jahren wurden auf Kundenwunsch vermehrt in der Produktparte „Fassade“ Grundplatten eingefärbt. Als ein geeignetes Pigment hat sich hier Metalloxid erwiesen, das bereits in der Rohstoffmischung eingebracht eine Einfärbung in nahezu allen erdenklichen Farben ermöglicht. Für das Kennzeichnungssystem bedeutet dies, dass vor allem bei elektro-magnetischen Systemen evtl. Störquellen entstehen können, sodass die Auslesequalität beeinträchtigt wird oder es schlimmstenfalls sogar zum Defekt des Datenträgers kommen kann.

### Anforderungsstufe 2 – Abstimmung der Positionierung der Lese- bzw. Lese- und Schreibeinheiten

Um in weiterer Folge einen Eindruck darüber zu gewinnen, aus welcher Entfernung ein solcher Schreib-, aber auch Lesevorgang funktionieren muss, werden nun die in der Produktion relevanten Schnittstellen erläutert, in denen Informationen, gleich wie jetzt, aufgezeichnet oder auch gelesen werden.

Der Ursprung der Produktkennzeichnung ist die Herstellung der Rohware an der Hatschek-Maschine. Mit der sogenannten „Initialkennzeichnung“ wird das Produkt markiert.

Derzeitige Systematik bei der fortlaufenden Identifizierung der Produkte ist jene, dass grundsätzlich bei Zugang zu den Produktionsanlagen, bzw. bei deren Abgang Buchungen durchgeführt werden. Auch bei Umlagerungen von Lagerstandort A auf Lagerstandort B werden Buchungen eines Ausgangs in Lager A, bzw. ein Zugang in Lager B verbucht.

Nachfolgende Darstellung soll einerseits die Schnittstellen im Materialfluss wiedergeben, aber auch jene Stellen kennzeichnen (★), an denen Informationen verbucht werden, sei es ein Abgang oder ein Zugang.

Beschaffung	Produktion								Absatz
Hatschek-Maschine	Primärproduktion		Rohwaren-Zwischenlager		Sekundärproduktion		Fertigwarenlager		Versand
	Initialkennzeichnung	Ausbuchen aus der Primärproduktion	Einbuchen in das Zwischenlager	Ausbuchen aus dem Zwischenlager	Einbuchen in die Sekundärproduktion	Ausbuchen aus der Sekundärproduktion	Einbuchen in das Fertigwarenlager	Ausbuchen aus dem Fertigwarenlager	
	★	★	★	★	★	★	★	★	

Abb. 40 Kennzeichnung im Materialfluss

Baulich kann das Lese- und Schreibgerät während des Produktionsprozesses so platziert werden, dass direkter Sichtkontakt zum beschreibenden bzw. auszulesendem Produkt besteht.

Anforderungsstufe 3 – Anforderung an den Lese- und Schreibprozess

In Anforderungsprofil 2 kennengelernt, liegt sowohl die Hauptaufgabe der Datenträger, als auch der Lese- und Schreibgeräte in der Buchung von Lagerzugängen, sowie Lagerabgängen. Für den Benutzer, des mit den neuen Datenträgern optimierten Systems bedeutet dies, dass die Transparenz der Lagerstandortbelegung sichergestellt werden soll. Konkret soll z.B. der Produktionsplaner wissen, in welchem Lager sich welche Rohware befindet, die für die weitere Produktion gebraucht wird. Der Lese- und Schreibprozess, auf dieser Information aufbauend, findet dabei bei Zu- und Abgängen der Produktionsanlagen und Lagerhallen statt. Die Hallenzufahrten sind dabei mit selbsttätigen Rollloren ausgestattet, die mit einer Breite von max. 5 Metern und einer Höhe von 4 Metern begrenzt sind.

Für die Kennzeichnung wird mit dem heutigen System eine 5-stellige Nummer, als Kennzeichnung und Markierung der Paletten verwendet. Dabei setzt sich diese Nummer, wie an nachfolgendem Beispiel beschrieben, wie folgt zusammen:

- Produktionskalenderwoche: z.B. 17. Jänner 2014 → Kalenderwoche 03
- Produktionskalenderwoche: z.B. Maschine 3
- Laufende Nummer: z.B. 121

Aus diesen 3 Parametern zusammengestellt, erhält man für das genannte Beispiel dann nachfolgende Nummern, welche zwar nicht produktspezifisch zu unterscheiden sind, aber in ihrer Anwendung eindeutig und verwechslungsfrei zum Einsatz kommen:

03 3 121 → Kennzeichnungsnummer zur eindeutigen Produktidentifizierung

Da nun jedes Produkt für die Identifikation markiert wird und nicht wie derzeit jede Palette, auf der bis zu 300 Produkte gestapelt werden, wird die laufende Nummer entsprechend dem wöchentlichen Produktausstoß der Produktionsmaschine auf eine 5-stellige Nummer erhöht.

Somit erhalten wir einen 8-stelligen Code, der als Kennzeichnung jedes Produktes auf den Datenträger geschrieben werden soll.

#### 4.1.1. von der Produktion abgeleitetes Anforderungsprofil

Auf Basis der in Punkt 4.1 (Anforderung an das System) notwendigen Randbedingungen kann in weiterer Folge ein Anforderungsprofil zur Spezifizierung des notwendigen Datenträgers erstellt werden.

Dabei bediene ich mich eines bekannten und vielfach bewährten Systems der Nutzwertanalyse.

##### Exkurs Nutzwertanalyse (NWA):

Sowohl zahlreiche Investitionsvorhaben, als auch Entscheidungen im Zuge einer industriellen Standortplanung können nicht, wie es die statischen und dynamischen Investitionsrechnungen erfordern, ausschließlich durch Zahlen erfasst werden.

In diesem Fall kommt die Nutzwertanalyse zum Einsatz und integriert bei der Entscheidungsfindung auch qualitative Faktoren. Dabei werden als Ergebnis nicht nur die „besseren“ Entscheidungen ausgegeben, sondern der Entscheidungsprozess wird zudem auch transparenter und nachvollziehbarer. Auch die Einbeziehung mehrerer Personen in den Entscheidungsprozess kann durch dieses Auswahlverfahren gewährleistet werden.<sup>69</sup>

##### Verfahrensschritte der Nutzwertanalyse:

Um im Rahmen der NWA einer Handlungsalternative den Vorzug zu geben, werden zuerst Zielkriterien ausgearbeitet, um dem Handelnden eine Bewertungsgrundlage zu geben. Dabei besitzt jedes Zielkriterium eine Messskala (nominal, ordinal, kardinal), anhand derer die Erreichung des Kriteriums bewertet werden kann (Zielkriterienbestimmung).

Bei der Entscheidungsfindung kommen dabei immer mehrere Zielkriterien in Frage, die sich untereinander unterscheiden, so auch im Beitrag zum Gesamtnutzen. Z.B. wird eine Spedition bei der Auswahl eines neuen LKW's den Verbrauch [l/km] und das Design des Innenraumes nicht gleichsetzen. Aus diesem Grund bedient man sich bei der NWA einer Zielkriteriengewichtung, womit der relative Nutzen der Teilziele definiert wird (Zielkriteriengewichtung).

<sup>69</sup> Vgl. Mehlan (2007), S. 53-56

Wurden diese beiden Schritte definiert, so kann schließlich über die Teilnutzenbestimmung der Nutzen einer Handlungsalternative für ein Zielkriterium bestimmt werden. (Teilnutzenbestimmung).

Wurden alle Zielkriterien jeder Handlungsalternative nach diesem Schema bewertet, kann in der Nutzwurtermittlung der Nutzen jeder Handlungsalternative bestimmt und vergleichbar aufgelistet werden. (Nutzwurtermittlung).

Der damit ermittelte Nutzwert gibt somit Auskunft über die Vorteilhaftigkeit unterschiedlicher Handlungsalternativen und ermöglicht somit auch die Bildung einer Rangordnung. Dabei soll die NWA in erster Linie nur als erste grobe Entscheidungsinformation fungieren.<sup>70</sup>

*Exkurs-Ende*

- Zielkriterienbestimmung

Während des Produktionsprozesses bei Eternit sind die ID-Systeme immer wieder gewissen Strapazen ausgesetzt, bzw. müssen sie um den Anforderungen gerecht zu werden spezielle Eigenschaften mit sich bringen.

Daraus abgeleitet ergeben sich allgemeine Zielkriterien, die sich wiederum in Subkriterien aufsplitten lassen.

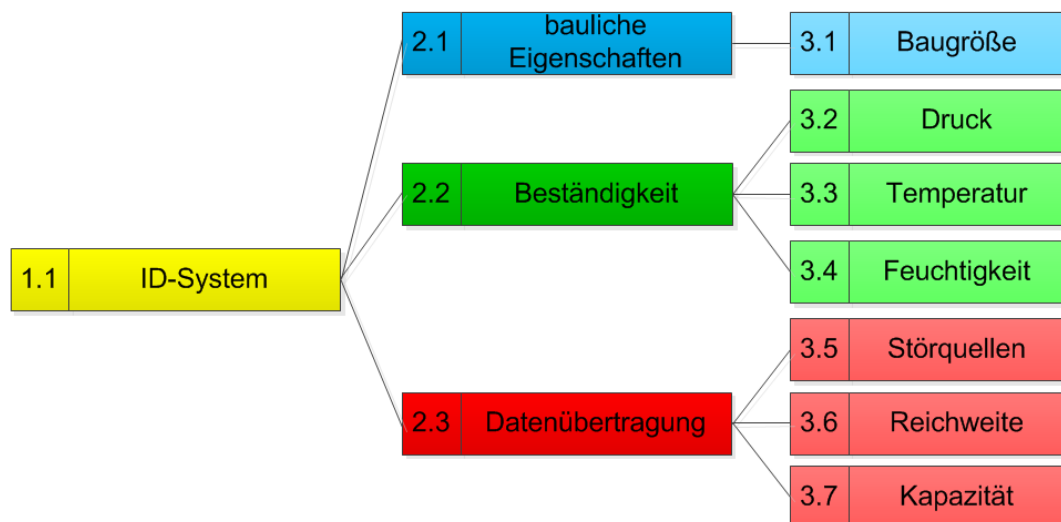


Abb. 41 Nutzwertanalyse - Festlegen des Zielsystems

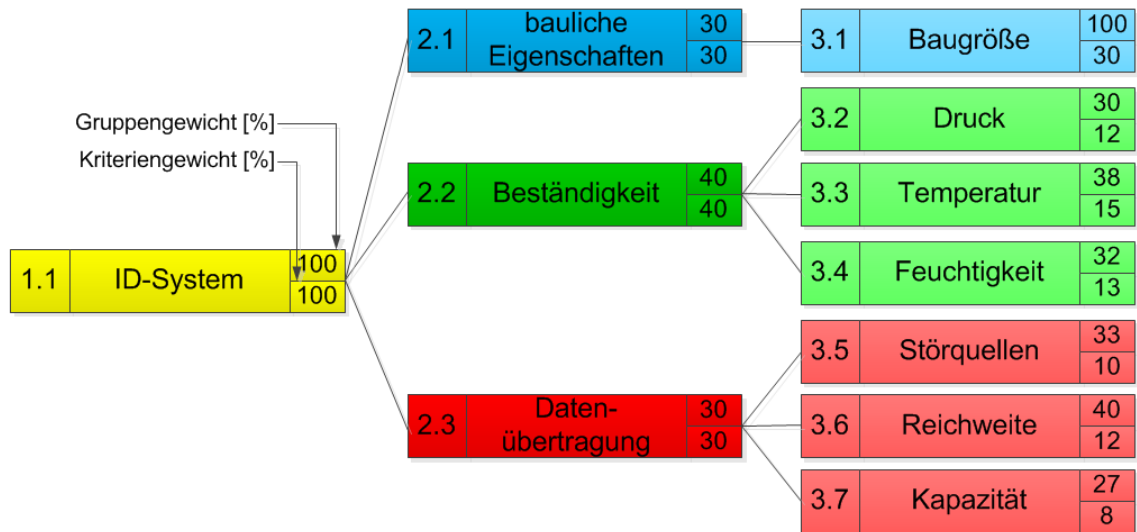
- Zielkriteriengewichtung

Dabei gibt es Einzelkriterien, die ein „Must-Have“ für die Optimierung des Kennzeichnungssystems darstellen, bzw. Einzelkriterien, die für das Gesamtsystem

<sup>70</sup> Vgl. Huch (2004), S. 147-149







geringere Relevanz mitbringen. Mit der Bestimmung der Kriteriengewichte wird daher die Relevanz der Einzelkriterien definiert. Diese setzen sich wie folgt zusammen:



### Abb. 42 Nutzwertanalyse - Bestimmen der Kriteriengewichte

- Teilnutzenbestimmung

Über die Kriterienbestimmung, bzw. über die Gewichtung können die Teilnutzen bestimmt werden. Dazu wurde bereits in Punkt 2.4.3 (Eigenschaften, Übersicht, Vergleich der vorgestellten ID-Systeme) eine Matrixaufstellung erstellt, die sowohl die Eigenschaften der jeweiligen ID-Systeme überblicksmäßig wiedergibt, als auch diese Eigenschaften über ein Bewertungssystem klassifiziert (1 bis maximal 5 Punkte). Diese Matrix kann dabei für die Teilnutzenbestimmung direkt herangezogen werden:

Kriterien				
Baugröße	5	5	3	4
Druck	5	5	2	4
Temperatur	4	4	3	4
Feuchtigkeit	3	3	2	4
Störquellen	2	2	2	3
Reichweite	3	3	1	5
Kapazität	2	4	5	5

### Tabelle 3 Teilnutzenbestimmung

Über die Teilnutzenbestimmung, vor allem durch das Bewertungssystem, können die jeweiligen Alternativen, bezogen auf die Eigenschaften, mit einem Punktesystem bewertet werden. Dabei stellen 5 Punkte eine „sehr gute“, bzw. in absteigender Reihenfolge bis zu 1 Punkt, eine „sehr schlechte“ Bewertung dar.

- Nutzwertermittlung und Wertesynthese

Auf der Teilnutzenbestimmung aufbauend können nun, mit den bereits in den ersten Schritten festgelegten Kriteriengewichten, die Teilnutzen und auch in weiterer Folge die Wertesynthese durchgeführt werden:





Kriterien					
Baugröße	30	150	150	90	120
Druck	12	60	60	24	48
Temperatur	15	60	60	45	60
Feuchtigkeit	13	39	39	26	52
Störquellen	10	20	20	20	30
Reichweite	12	36	36	12	60
Kapazität	8	16	32	40	40
Nutzwert	100	381	397	257	410
Rangordnung		3	2	4	1

Tabelle 4 Teilnutzenbestimmung und Wertesynthese

#### 4.2. Auswahl des Datenträgers

Mit dieser Betrachtungsweise kann nun der Zweck der Nutzwertanalyse, die Bestimmung einer optimalen Alternative, unter Berücksichtigung mehrerer Ziele verdeutlicht werden. Danach kann eine Rangordnung gebildet werden, die sich wie folgt zusammenstellt:

1. RFID-Systeme
2. OCR- und Bildbearbeitungssysteme
3. Barcode- und Datamatrixsysteme
4. Chip- und Magnetkartensysteme

Zu diesem Zeitpunkt werden die Systeme aus qualitativer Betrachtungsweise miteinander verglichen und die, für die Anforderungen optimalen Systeme ermittelt. Somit kann für erste Ergebnisse, diese aus der Nutzwertanalyse ermittelte Rangordnung problemlos angewandt werden, wobei sich die RFID-Technologie als ideal erwiesen hat.

#### 4.3. Möglichkeit der Implementierung in der Produktion

Natürlich hat von den vier vorgestellten ID-Systemen nahezu ein jedes System unterschiedliche Anforderungen, um einen problemlosen Betrieb zu ermöglichen. Andererseits bergen gewisse Systeme spezielle Eigenschaften, die in der Praxis angewandt, vielfache Vorteile für den Anwender ermöglichen.

Um diese Vorteile durch die Implementierung des RFID-Systems für das Produktionsmanagement bei Eternit zu erkennen, werden in den nächsten Punkten Möglichkeiten der Verwendung der RFID-Systeme erläutert.

##### 4.3.1. Verwendung der RFID-Datenträger in der Produktion

Besonders in der Aufgabe der Buchung der Lager- zu und Abgänge, bzw. Zu- und Abgänge der Rohware, aber auch Fertigware an den Produktionsanlagen, eignet sich das RFID-System mit dessen Eigenschaften dafür hervorragend. Nicht nur die Reichweiten von bis zu 3 Metern, die mit relativ kleinen und auch kostengünstigen Bauformen erreicht werden können, sondern auch die Eigenschaft der kontaktlosen, aber vor allem die sichtkontaktlose Datenübertragung wird dabei den Anforderungen seitens Eternit gerecht.

Mit diesen Eigenschaften kann der Datenträger auf zwei unterschiedlichen Varianten zur Produktkennzeichnung bereits in der Primärproduktion eingesetzt werden:

##### 1. Produktkennzeichnung

In der Anwendung der RFID-Datenträger zur Produktkennzeichnung bietet sich bei Eternit zum ersten Mal die Möglichkeit, dass ein Produkt problemlos gekennzeichnet werden kann. Gründe für ein früheres scheitern waren Feuchtigkeit, Druck, Temperatur, aber schlichtweg teilweise auch die relativ kleine Kontaktfläche, an der die Produktkennzeichnung angebracht werden kann. Mit dem RFID-System, kennelernt als ein System das sowohl ohne Sichtkontakt, als auch ohne taktilen Kontakt eine Datenübertragung ermöglicht, können zudem die Datenträger direkt im Produkt platziert werden. Dies bietet zum einen Vorteile darin, dass die Daten-

träger vor möglichen mechanischen Beanspruchungen, wie z.B. durch Transporteinheiten geschützt sind. Andererseits würden durch Klebeschichten befestigte Kennzeichnungen, durch das Einwirken von hoher Feuchtigkeit und Temperatur während des Produktionsprozesses ihre Haftung verlieren und vom Produkt abfallen.

Eine einfache Möglichkeit der Einbringung der RFID-Datenträger im Produkt wäre hier direkt an der Hatschek-Maschine. Dort werden die ca.1mm dicken Faserzementvliese auf der Formatwalze bis zu Produktfertigdicke aufgerollt.

Für diesen Anwendungsbereich kommen RFID-Smart-Label zum Einsatz, die durch ihre sehr geringe Schichtdicke problemlos, das heißt ohne Aufwulstungen im Produkt zu erzeugen, eingesetzt werden können.

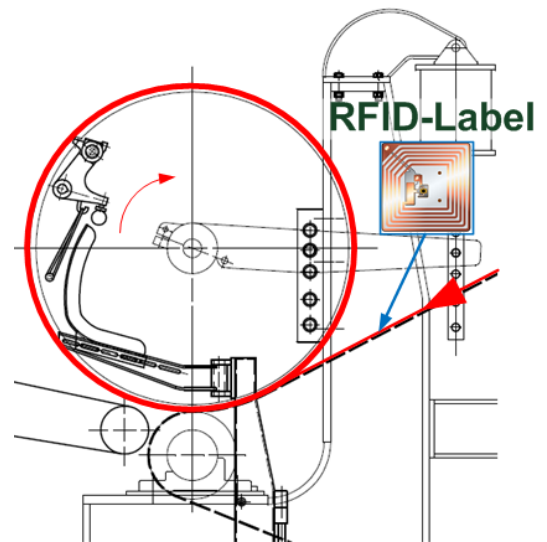


Abb. 43 Situation Einbringung RFID

## 2. Palettenkennzeichnung

Die Palettenkennzeichnung, schlichtweg als eine „abgespeckte“ Form der Produktkennzeichnung, bietet diese eine Information über den gesamten Umfang der Produkte auf einer Palette. Wird bei der Produktkennzeichnung die momentane Information direkt auf das Produkt bezogen, so erhält man bei der Palettenkennzeichnung eine ungenauere Informationsbreite, da bis zu 300 Produkte auf einer Palette abgestapelt werden. Somit ergibt sich eine von-bis-Information, die evtl. bei später benötigten Rückschlüssen zur Produktion Ungenauigkeiten mit sich bringt.

Punkto Kosten lassen sich durch die Anwendung erhebliche Kostenvorteile erzielen, da im Schnitt lediglich 1/30 der RFID-Datenträger im Vergleich zur Produktkennzeichnung aufgewendet werden müssen.

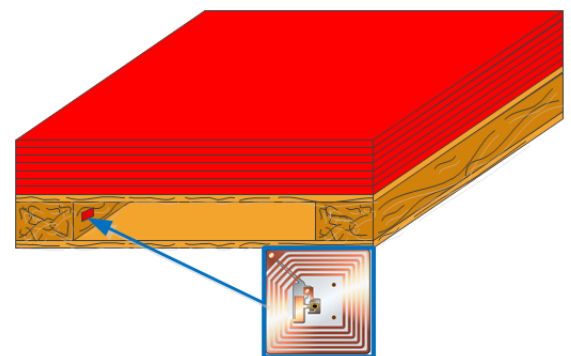


Abb. 44 Palettenkennzeichnung

Somit bleiben für die weitere Anwendung, speziell wie die Datenträger positioniert werden, diese zwei Möglichkeiten offen.

Wobei sich letztere Alternative aus Kostengründen eignen würde, da anstatt jeder der bis zu 300 zu kennzeichnenden Rohwaren pro Palette, lediglich eine Palette gekennzeichnet werden muss. Diese Problematik soll aber erst mit Punkt 5 (Investitionsentscheidungsrechnung) behandelt und geklärt werden.

### 3. Identifikation

Speziell was die Identifikation, bzw. Erfassung, der mittels RFID-Datenträgern gekennzeichneten Rohware und Fertigware betrifft, wird durch dieses System dem Unternehmen eine breite Palette an Vorteilen geboten. Die ausgereifte Innovation der berührungs- und sichtkontaktlosen Datenübertragung über mehrere Meter ermöglicht den Datenaustausch über RFID-Portale, die im Bereich von Hallenzufahrten und -ausfahrten positioniert werden. Passiert ein mittels RFID-Datenträger gekennzeichnetes Produkt oder die gekennzeichnete Palette das Portal, so kann völlig automatisch das Passieren über eine Zu- oder auch Ausgangsbuchung im Datenverwaltungsprogramm verzeichnet werden.

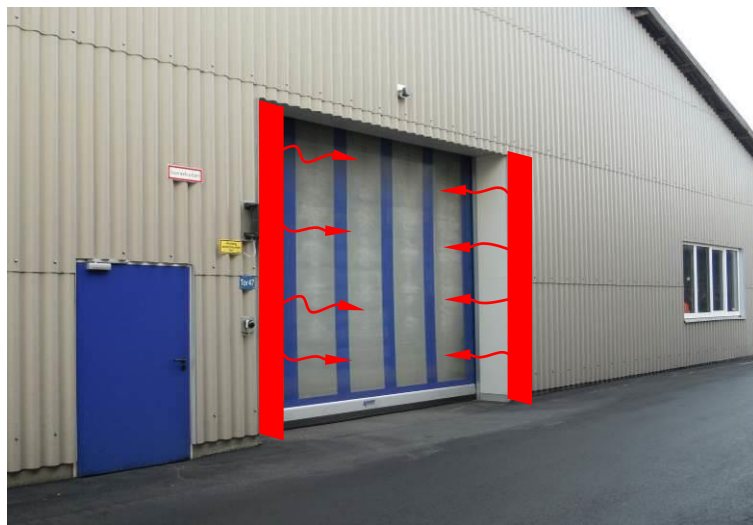


Abb. 45 Schema RFID-Portal im Hallenzu- und ausfahrtsbereich (Quelle: Eternit)

#### 4.3.2. Identifikation und Datenverwaltung mittels RFID-System

Die Datenverwaltung, speziell aber das Datenverwaltungsprogramm, das im Hintergrund läuft, spielt eine wichtige Rolle, um das Gesamtkonzept der Anwendung von RFID-Datenträgern in der Produktion zu vervollständigen. Denn erst mit der angepassten Integration der RFID-Datenträger in ein funktionierendes Informations- und Verwaltungssystem werden die Vorteile eines solchen Systems erst voll ausgeschöpft.

Zwar wird mit dieser Arbeit kein Datenverwaltungsprogramm ausgearbeitet, aber es werden mögliche Alternativen der Verwaltungslogik diskutiert und schlussendlich gegenübergestellt.

Folglich der vorherigen Studien und Optimierungen aus Punkt 4.1 (Anforderungsprofil an das System), kann nun eine eindeutige Kennzeichnungs- und Identifikationslogik präsentiert werden, die sich durch den gesamten Materialfluss der Herstellung von Eternitdach- und Fassadeneindeckungen hindurchzieht.

Von der Herstellung der Rohware in der Primärproduktion, über das Zwischenlager und die Sekundärproduktion, soll dabei bis zum Fertigwarenlager eine

- **nachvollziehbare**
- **vollständige und**
- **transparente**

Logik entstehen.

##### 4.3.2.1. Kennzeichnungs- und Identifikationslogik mittels RFID-System

Wird Punkt 4.3.1 (Verwendung der RFID-Datenträger in der Produktion) mit dem Materialfluss gegenübergestellt, so ergibt sich von der ersten Kennzeichnung der Produkte, bzw. der Paletten (Initialkennzeichnung), bis hin zur letzten Identifikation der verkauften Produkte eine Reihe von Informationen, die über das RFID-System erfasst und ausgetauscht werden müssen.

Anhand des Lageplans der Eternit-Werke in Vöcklabruck wird dabei der Materialfluss klar ersichtlich:

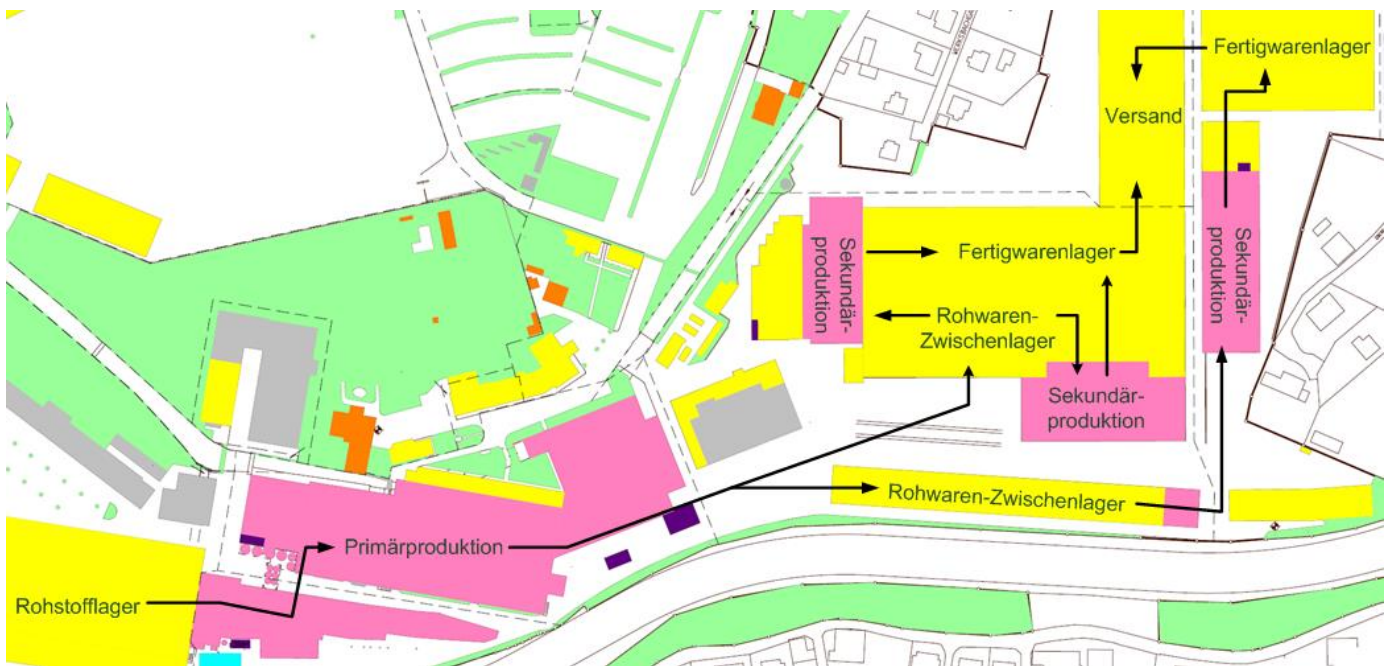


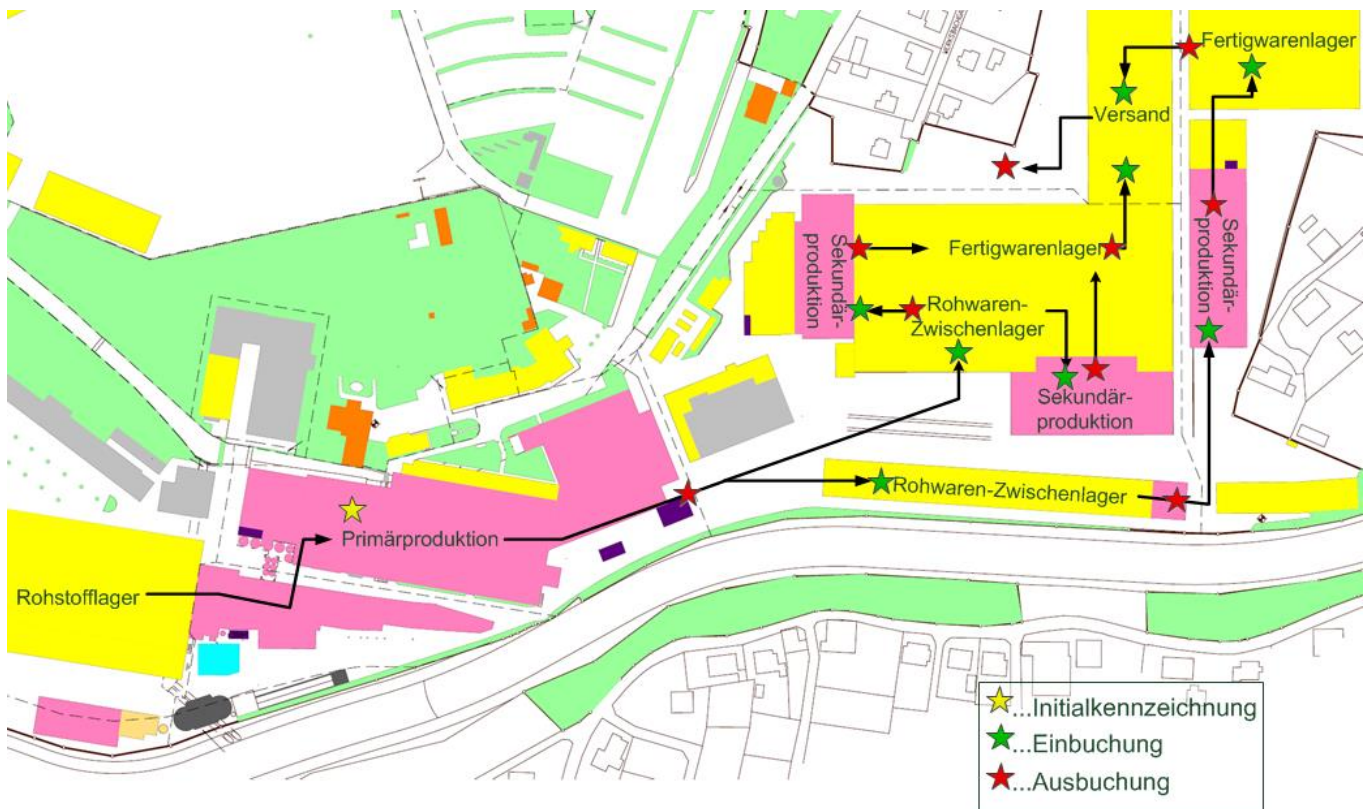
Abb. 46 Lageplan inkl. Materialfluss bei Eternit (Quelle: Eternit)

Der „Startschuss“ des Einsatzes des neuen Systems findet in der Rohwareherstellung, in der Primärproduktion statt. Dort wird die hergestellte Rohware einzeln bzw. palettenweise mit dem 8-stelligen Kennzeichnungscode gekennzeichnet. Nach einer gewissen Durchlaufzeit durch die Primärproduktion finden mit dem Transport der Rohware in das Zwischenlager einerseits die Ausgangsbuchung an der Primärproduktion und andererseits die Eingangsbuchung am Zwischenlager statt.

Vom Zwischenlager wird nach der produktspezifischen Reifezeit die Rohware für die Sekundärproduktion bereitgestellt (Ausgangsbuchung) und an den Produktionsanlagen zugeführt (Eingangsbuchung). Nach dieser Produktionsstufe kann die Fertigware direkt für den Kunden von der Sekundärproduktion (Ausgangsbuchung) in das Fertigwarenlager (Eingangsbuchung) umgelagert werden. Dort verbleibt das Fertigprodukt so lange, ehe es über die Kommissionierung an den Kunden gelangt (Ausgangsbuchung).

Aus der Logik der notwendigen Information der Buchung, von Rohwaren- als auch Fertigwaren-Zu und –Abgängen, kann der Materialfluss, unterstützt durch das RFID-System vorteilhaft angepasst werden.





#### 4.3.2.2. Datenverwaltung

Die Kennzeichnung, Identifikation und Aufzeichnung, der durch die RFID-Datenträger gewonnenen Daten spielt für das Gesamtsystem eine wichtige Rolle, aber kann den Enduser durch die Fülle an Information und ohne deren richtige Aufbereitung nicht sachgemäß informieren.

Erst die richtige Aufbereitung, angepasst an die verschiedenen Interessensgruppen lässt die Vorteile des Gesamtsystems erkennen.

Aus der RFID-Kennzeichnung und –Identifikation erhalten wir Information über den Zeitpunkt der:

- Herstellung der Rohware
- Transportvorgängen zwischen Produktion- und Lagerstandorten
- der Weiterverarbeitung der Rohware zu verkaufsfähigen Fertigwaren
- der Auslieferung an den Kunden.

Werden die Daten gefiltert und aufbereitet, kann für verschiedenste Interessensgruppen, die einen gewissen Bezug zur Produktion haben, eine transparente und vollständige Information geschaffen werden.

Nachfolgend wird ein gewisser Umfang an differenten Interessensgruppen präsentiert, die idente Informationen aus dem weiterentwickelten RFID-System in der



Produktionsanwendung verwenden, aber durch die unterschiedliche Aufbereitung, eine für sich angepasste Darstellungsweise ergeben.

Interessensgruppe Produktionsplanung (operative Planungsebene):

Die Produktionsplanung übergibt der Produktion das wöchentliche Produktionsprogramm. Dieses Produktionsprogramm definiert, wie bereits kennengelernt das herzustellende Produkt und die Produktionsmenge. Mit der Verknüpfung des wöchentlichen Produktionsprogramms einerseits und den Buchungen durch das angepasste RFID-System in der Produktion andererseits, lassen sich einfach und vor allem sehr zeitnah Rückschlüsse zum aktuellen Produktionsstatus treffen. Das heißt, ein SOLL-IST Vergleich, welche Menge muss ich produzieren und welche Menge wurde bereits von Wochenanfang bis jetzt produziert, kann problemlos erstellt werden. Speziell in welchem Produktionsfortschritt sich die Produkte befinden, kann problemlos durch Anpassung und Aufbereitung der Information des RFID-Systems ermittelt werden. Ob Rohware, verkaufsfähige Produkte oder schlichtweg aus qualitativen Gründen gesperrte Produkte – durch das angepasste System können Mengen, Produktgruppen und deren Lagerstandort einfach und vollständig ermittelt werden.

Interessensgruppe Materialwirtschaft:

In der Betrachtungsweise der Materialwirtschaft spielt der Einsatz von:

- Rohstoffen
- Betriebsstoffen
- Hilfsstoffen

eine wichtige Rolle.

Die Güter der Materialwirtschaft werden wie bereits kennengelernt in der Aufbereitung durch Mischungsvorgänge so vorbereitet, dass an der Hatschek-Maschine Eternit-Produkte hergestellt werden können.

Die Aufbereitung dieser Faserzementmischung basiert dabei ausschließlich auf vollständig automatisierten Vorgängen. Auch der Eintrag der Roh-, Betriebs- und Hilfsstoffe wird dabei durch die, in die Steuerung eingebundenen Volumenmessgeräte [l/Mischer] und Kraftmessdosen [kg/Mischer] gemessen und im System hinterlegt.

Werden die Daten dieser Faserzement-Aufbereitung mit den Informationen des RFID-Systems verknüpft, erhalten wir die, aus der Sicht der Materialwirtschaft interessante Information über den Rohstoffeintrag, um eine gewisse Menge an Rohware herzustellen.

Diese Betrachtungsweise kann dabei auch in den weiterfolgenden Produktionsschritten nutzbringend angewandt werden, z.B. in der Beschichtung der Rohware.

#### Interessensgruppe betriebliches Rechnungswesen und Controlling

Das betriebliche Rechnungswesen, zuständig für rechnerische Erfassung, Auswertung und Kontrolle aller mengen- und wertmäßig anfallenden Geschehen eines Unternehmens, als weitere Interessensgruppe kann ebenso von den Daten des RFID-Systems profitieren.

Neben der Aufgabe der internen Erfolgsrechnung, beschäftigt sich das betriebliche Rechnungswesen auch mit Unternehmensstatistiken. In Kooperation mit dem Controlling werden dabei Kennzahlen erfasst, Tabellen und grafische Darstellungen ausgearbeitet, die den betrieblichen Produktionsprozess beschreiben und die Betriebsleitung und die Mitarbeiter über aktuelle Situationen, sei es:

- die Produktivität
- das Umsatzvolumen
- die Materialergiebigkeit usw.

informieren.

Das Controlling hat dabei eine allumfassende Verwendung der betrieblichen Informationen.

#### 4.4. Welche Vorteile ergeben sich dadurch?

Stellt man abschließend das derzeitige System der Produktkennzeichnung und das darüberstehende Verwaltungsprogramm mit den händisch eingetragenen Buchungen dem neuen, mittels RFID-System optimierten Lösungsansatz gegenüber, so bieten sich viele nutzbringende Vorteile für die Eternit-Werke.

Man verzichtet mit diesem System völlig auf händische Aufschreibungen, die wie bereits in dieser Arbeit kennengelernt von einer Anzeige abgeschrieben, weitergegeben und in ein PLM-System eingepflegt werden. Somit bietet sich nicht nur die Möglichkeit der Arbeitskrachteinsparung in der Verwaltung, sondern auch eine qualitative Verbesserung, der aus der Produktion gewonnenen Informationen. Eben

durch die händische Aufzeichnung, deren Weitergabe und Übertragung in das System, besteht sowohl das Risiko eines Schreib- und Ablese-, als auch Übertragungsfehlers, der sich auf die Qualität der Informationen negativ auswirkt. Mit der Optimierung der Produktionsdatenerfassung und Aufzeichnung speziell durch die Anwendung des RFID-Systems, wird nicht nur dieses Risiko von Fehlinformationen vermindert, sondern ein hoher Grad an Transparenz und Vollständigkeit geboten.

Im 2. Kapitel kennengelernt, muss ein Unternehmen in der heutigen Zeit auf Kundenanforderungen flexibel reagieren können und das möglichst rasch. Mit dem veralteten System der Lauf- und Beipackzettel, wie es bei den Eternit-Werken im Produktionsmanagement eingesetzt wird, kann man schlichtweg aufgrund der Trägheit und des zeitlichen Aspektes den Anforderungen nicht gerecht werden, wodurch massiv an der Wettbewerbsstellung gerüttelt wird. Erst mit der Einführung des RFID-Systems zur PM-Unterstützung, kann vor allem der Aspekt „in-time“, zugunsten des Unternehmens ausgenutzt werden. Denn durch die zeitnahe Bereitstellung der Informationen bietet sich dem Unternehmen, besonders dem PM, die Möglichkeit durch einen SOLL-IST- Vergleich rasch möglichen Abweichungen mit den richtigen Gegenmaßnahmen entgegenzuwirken und die Produktion entsprechend durchzuführen.

Aus Sicht der Materialwirtschaft kann man bei der täglichen Buchung des Material- und Rohstoffeinsatzes ähnliche Trägheit der Informationen feststellen. Werden in der Produktion innerhalb kürzester Zeit große Mengen an Roh-, Betriebs- und Hilfsstoffen eingesetzt, so stehen zeitversetzte Informationen über den tatsächlichen Verbrauch nicht im Einklang. Durch die hohe Qualität der Information über Restlagermengen an Rohstoffen, hat der Mitarbeiter der Materialwirtschaft immer den gegenwärtigen Bestand im System. Darauf aufbauend können die Bestellungen besser koordiniert werden, um somit einerseits einer Produktionsunfähigkeit, aufgrund fehlender Rohstoffe entgegenzuwirken, aber andererseits auch die Bedarfs- und Bestellmengenplanung besser koordinieren zu können und die Lagerhaltungskosten zu minimieren.<sup>71</sup>

---

<sup>71</sup> Vgl. Kummer (2006), S. 120-123

## **5. Investitionsentscheidungsrechnung**

Vorteile über Vorteile, so scheint es, bringt die Weiterentwicklung des aktuellen PM und QM, durch die Unterstützung eines RFID-Systems. Für die Meister und Vorarbeiter, die für die Durchführung und Kontrolle der Produktion Sorge tragen, lässt sich diese Weiterentwicklung des PM- und QM-Systems, durch vielfache Vorteile begründen. Vorteile, welche eine Einführung dieses dargestellten und optimierten Systems verlangen.

Natürlich wird dies auch im Interesse des Investors sein, dass zukünftig Arbeiten schneller, einfacher und mit besserer Qualität erledigt werden, aber vor allem Ziele der Unternehmenspolitik verfolgt werden. Jedoch stellen sich für den Investor noch weitere Fragen. Fragen, die unter Umständen die Umsetzung dieses Projekts kippen lassen:

- Brauchen wir unbedingt ein neues System oder können wir mit dem derzeit verwendeten System noch einige Jahre arbeiten?
- Bringt diese Optimierung des Systems für das Unternehmen kostenmäßige Einsparungen?

Oft sind solche Fragen während des Entscheidungsprozesses nur schwer zu begründen. Vor allem was die finanzielle Vorteilhaftigkeit betrifft, können vor oder zum Zeitpunkt der Tätigung der Investition zukünftige Zahlungsrückflüsse, die Auszahlung und die Nutzungsdauer nur schwer eingeschätzt werden.

Die Investitionsentscheidung ist somit mit gewissen Risiken behaftet, sodass die angestrebten Zielsetzungen, unter Umständen nicht erreicht werden können.

Um diese Ungewissheit über zukünftiges möglichst gut einschätzen zu können, bedient man sich unterschiedlicher Rechnungsverfahren, um die Investitionsalternativen quantitativ bewerten zu können.

Für diesen Zweck werden Investitionsentscheidungsrechnungen durchgeführt, um neben der qualitativen Auswahl des Systems in Punkt 4 (Weiterentwicklung des PM und QM mittels Einsatz moderner Datenträger) auch die finanzielle Vorteilhaftigkeit für das Unternehmen zu prüfen.<sup>72</sup>

---

<sup>72</sup> Vgl. Ermschel (2011), S. 29-31

### 5.1. Investitionsentscheidungsverfahren

In der Theorie und Praxis haben sich mittlerweile zahlreiche Methoden und Verfahren der Investitionsrechnung etabliert und in ihrer Anwendung bewährt. Werden dabei unterschiedlichste Zielgrößen zur Vorteilhaftigkeitsbeurteilung von Investitionen verwendet, so haben sich daraus zwei Gruppen herauskristallisiert: Üblicherweise wird dabei zwischen statischen und dynamischen Entscheidungsverfahren unterschieden.

#### 5.1.1. statische Investitionsentscheidungsverfahren

Statische Investitionsentscheidungsverfahren (IEV) beruhen auf der Prämisse vollkommener Informationen und können so Entscheidungen unter Sicherheit treffen. Dem Investor müssen dabei sämtliche, für die Investition notwendigen Informationen zur Verfügung stehen. Dazu zählen sowohl das für die Investition notwendige Kapital, als auch die Zahlungszu- und -abgänge während der Nutzungsdauer der Investition, die ebenso eine wichtige Information für das statische Entscheidungsverfahren darstellen.

Um den Aspekt „Entscheidungen unter Sicherheit“ sicherzustellen, verlangt dieses Entscheidungsverfahren den Anwendern hinreichend genaue Schätzungen über die Informationen ab. Sofern dies nicht möglich ist, wird die Unsicherheit in dieses Entscheidungsverfahren explizit miteinbezogen.

Das statische IEV wird dabei durch die Vernachlässigung des Zeitwertes des Geldes charakterisiert, wodurch bei der Berechnung des Investitionsprojektes zur Bewertung ein typisches Durchschnittsjahr herangezogen wird. Auch periodische, idente Zahlungen werden gleich stark gewichtet, auch wenn diese Zahlungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen.

Trotz dieser Vereinfachungen wird das statische IEV aufgrund der doch sehr einfachen und unkomplizierten Anwendung in der Praxis sehr gerne angewandt.

Zu der Gruppe der statischen IEV zählen wir die:

- Kostenvergleichsrechnung
- Gewinnvergleichsrechnung
- Rentabilitätsvergleichsrechnung
- Amortisationsrechnung<sup>73</sup>

---

<sup>73</sup> Vgl. Pape (2011), S. 307-309

### 5.1.2. dynamische Investitionsentscheidungsverfahren

Im Gegensatz dazu nun die dynamischen IEV, die nicht mehr auf einem starren, über die Perioden gleichen Zahlungsverkehr beruhen, sondern als mehrperiodiges Verfahren die zeitliche Struktur der Investitionsrückflüsse in die Vorteilhaftigkeitsberechnung miteinbeziehen.

In der Regel verlangen diese Entscheidungsverfahren dem Anwender einen höheren Rechenbedarf ab, sind aber in der Lage, verglichen dem statischen IEV darüber geäußerte Kritikpunkte zu entkräften.

Dennoch basieren diese Rechenverfahren auf gleicher Basis der vollständigen Informationen. Auch hier müssen genaue Werte der z.B. periodischen Aus- und Einzahlungen usw. vorliegen oder müssen in einer hinreichenden Genauigkeit geschätzt werden, um auch das dynamische IEV durchführen zu können.

Das statische- und das dynamische IEV verfolgen in ihrem Wesen selbe Ziele. Dennoch zeichnet sich das dynamische IEV durch nachfolgende Merkmale aus:

- Orientierung an Zahlungsströmen

Werden beim einfach anwendbaren statischen IEV über Kosten- bzw. Gewinnvergleiche Investitionsalternativen auf ihre Vorteilhaftigkeit überprüft, stützt man sich bei den dynamischen Verfahren auf prognostizierte Aus- und Einzahlung.

- Berücksichtigung der zeitlichen Struktur

Nicht die typische Orientierung an einem Durchschnittsjahr der Ein- und Auszahlungen steht im Mittelpunkt der dynamischen IEV, sondern die genauen Aus- und Einzahlungen zum Zeitpunkt ihres Entstehens. Dadurch werden vor allem genauere Ergebnisse in der Beurteilung, durch Auf- und Abzinsung der Zahlungsflüsse erzielt.

Zu der Gruppe der dynamischen IEV zählen wir die:

- Kapitalbarwertmethode
- Annuitätenmethode
- dynamische Amortisationsrechnung
- Interne-Zinsfuß-Methode<sup>74</sup>

---

<sup>74</sup> Vgl. Pape (2011), S. 345-348

## 5.2. Investitionsentscheidungsrechnung

Im Zuge der Investitionsentscheidungsrechnung wird somit nicht nur die qualitative, sondern auch die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit der Investitionsalternativen ermittelt. Die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit richtet sich dabei nach Liquiditäts- und Erfolgskriterien orientierte Maßstäbe.

Für den Investor bietet diese Darstellung eine klare Übersicht aus einer Handlungsalternative die vorteilhafteste Investition zu wählen.

Mit dieser Arbeit werden dabei mit Punkt 5 (Investitionsentscheidungsrechnung) nachfolgende Alternativen behandelt und schlussendlich gegenübergestellt:

1. Altes System „Beipackzettel“
2. Neues „RFID“ System
  - a. Wobei jedes Produkt separat gekennzeichnet wird.
  - b. Wobei jede Produkt-Palette, die eine festgelegte Menge an Produkten umfängt gekennzeichnet wird.

Wie bereits im Punkt 4 (Weiterentwicklung des PM und QM mittels Einsatz moderner Datenträger) erläutert, kann das PM und QM auf zweierlei Lösungsansätze optimiert werden. Aus Sicht der informationstechnischen Unterstützung bietet die Alternative 2b nur marginal geringere Informationsqualität, die für das PM und QM hingenommen werden kann.

Schlussendlich spielt ja im Zuge der Weiterentwicklung auch die Einsparung, vor allem die Kosteneinsparung, eine wichtige Rolle, die in diesem Punkt überprüft werden soll.

### 5.2.1. Kostenvergleichsrechnung

Wie bereits kennengelernt beruht die Kostenvergleichsrechnung auf der Betrachtung der anfallenden, periodenbezogenen Kosten.

Dabei müssen grundsätzlich alle in der Betrachtungsperiode anfallenden Kosten berücksichtigt werden. Für die Vergleichsrechnung, im Zuge der Investition, fallen dabei folgende Kosten während der Periode zu Buche:

- 1. Fixkosten** und **2. variable Kosten**
- ...diese bestehen grundsätzlich aus:
- Abschreibungskosten
  - kalkulatorische Zinskosten
  - sonstige Fixkosten
  - Personalkosten
  - Materialkosten
  - sonstige variable Kosten

Bei der IER wird dabei, wie bereits angeführt ein Ersatzproblem behandelt, das heißt es soll ein „altes“ Investitionsobjekt durch ein „neues“ Investitionsobjekt ersetzt werden.

Bei der Behandlung eines solchen Ersatzproblems stellt sich die Frage, wie der kalkulatorische Restbuchwert und der Restwerterlös des „alten“ Investitionsobjektes behandelt werden sollen. Denn grundsätzlich gibt es dafür unterschiedliche Ansätze:

- Der Restbuchwert wird auf die verbleibende Nutzungsdauer verteilt. Diese Abschreibungsbeträge werden dann dem „alten“ Investitionsobjekt zugerechnet.
- Der Restbuchwert wird nicht in die Kalkulation aufgenommen, da dieser vergangenheitsorientiert ist und in einer zukunftsbezogenen Betrachtung nichts zu suchen hat.
- Sowohl das „alte“ Investitionsobjekt wird mit den Kapitalkosten auf ihren Restbuchwert belastet, als auch die Ersatzinvestition.<sup>75</sup>

Für die Kostenvergleichsrechnung trifft aufgrund der Vollständigkeit letzteres Argument zu. Zudem würde bei einer Kostenvergleichsrechnung im Zuge eines Ersatzproblems eine andere Betrachtungsweise, eben wie in Punkt 1 angeführt, einen Ersatz aufgrund der wesentlich höheren Kapitalkosten niemals als vorteilhaft erscheinen lassen.<sup>76</sup>

Es werden somit auch für das zu ersetzende Objekt gleichermaßen die Anschaffungskosten aufgeschlüsselt, um diese in der weiteren Betrachtung für die Kostenvergleichsrechnung weiterzuverwenden.

Das derzeitige System besteht dabei grundsätzlich aus:

- PC-Stationen
- Laserstrahldrucker
- Software
- IT-Leistung

---

<sup>75</sup> Vgl. Schierenbeck (2012), S. 399-402

<sup>76</sup> Vgl. Kronenberger, S. 3-26



<b>Anschaffungskosten</b>	<b>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</b>		
	Stückkosten €/Stück	Menge/Stück	Gesamtkosten €
<i>PC-Station (Industriearsführung) :</i>	890 €	3	2.670 €
<i>Laserstrahldrucker (Standard) :</i>	450 €	4	1.800 €
<i>Integration Software :</i>	6.800 €	1	6.800 €
<i>IT-Leistung :</i>	5.500 €	1	5.500 €
<b>a<sub>0</sub> :</b>			<b>16.770 €</b>

Tabelle 5 Anschaffungskosten "altes Investitionsobjekt"

Dem gegenübergestellt können wir die Ersatzinvestition ebenso auf die Einzelkomponenten herunterbrechen, die im Zuge des Grobengineerings bei Eternit in Kooperation mit einem Partner für RFID-Lösungen ausgearbeitet wurden.

Dabei wird das optimierte Kennzeichnungsschema, wie in Punkt 4.3.2.1 (Kennzeichnungs- und Identifikationslogik mittels RFID-System) kennengelernt, für die Auswahl und der RFID-Komponenten herangezogen. Somit besteht das Gesamtsystem aus nachfolgenden Komponenten:

- PC-Station
- UHF Portal Indoor
- UHF Etikettendrucker
- Software und IT-Leistung

<b>Anschaffungskosten</b>	<b>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</b>		
	Stückkosten €/Stück	Menge/Stück	Gesamtkosten €
<i>PC-Station (Industriearsführung) :</i>	890 €	3	2.670 €
<i>UHF Portal Indoor :</i>	2.200 €	9	19.800 €
<i>UHF Etikettendrucker :</i>	15.000 €	1	15.000 €
<i>Integration Software :</i>	10.500 €	1	10.500 €
<i>IT-Leistung :</i>	9.800 €	1	9.800 €
<b>a<sub>0</sub> :</b>			<b>57.770 €</b>

Tabelle 6 Anschaffungskosten "neues Investitionsobjekt"

Wurden die Anschaffungskosten beider Investitionsobjekte aufgezeigt, so kann ein erster Vergleich aufgestellt werden. Aber für die Kostenvergleichsrechnung sind zu diesem Zeitpunkt keine allumfassenden Informationen bekannt, um eine aussagekräftige Entscheidung fällen zu können.

Aus diesem Grund wird sowohl das System der „Beipackzettel“, welches sich in den letzten Jahren zwar bewährt hatte aber nicht mehr Stand der Technik ist, als

auch das weiterentwickelte System mit RFID-Unterstützung gedanklich in die Produktion integriert und aufgezeigt, welche Betriebskosten während einer Periode entstehen.

Es wird dabei eine Produktionslinie der Primärproduktion fokussiert und auf die, während der Produktion entstehenden Kosten untersucht.

#### Betrachtung einer Produktionsmaschine in der Primärproduktion

Produktionsanlage : Plattenmaschine 3  
Produkt : Großtafel 2530x1250x8mm

Für den Kennzeichnungsprozess und den laufenden Rückmeldungen im Zuge des Produktionsmanagements sind derzeit laufend:

- Mitarbeiter im PM
- Mitarbeiter in der Produktion

Beschäftigt, um das Informationssystem aufrecht zu erhalten. Des Weiteren werden durch diesen Kennzeichnungsprozess Materialien, wie derzeit bedrucktes A4 Papier verbraucht.

Die Nutzung sowohl von personeller Leistung/Arbeit, als auch der Verbrauch an Papier wird dabei mit Kosten bewertet, der sich abhängig vom Leistungsausstoß der Produktion im Rechnungswesen zu Buche schlägt.

#### Leistungsdaten der Produktionsmaschine:

Für den abgelaufenen Betrachtungszeitraum 2013 können nachfolgende Leistungsdaten der Plattenmaschine 3 aufgezeigt werden.

<b>Produktion Maschine 3</b>			
Maschinenbetriebsstunden :	MBStd <sub>ges.</sub>	MBStd/a	3.259,6
Erzeugung :	Nm <sup>2</sup>	Nm <sup>2</sup> /MBStd	787,3
jährliche Erzeugung :	Nm <sup>2</sup>	Nm <sup>2</sup> /a	2.566.185,3

Tabelle 7 Leistungsdaten Plattenmaschine 3

Aus dieser Leistungsaufstellung gehen dabei einerseits die Produktionszeit [MBStd/a], sowie die Ausstoßmenge [Nm<sup>2</sup>/a] hervor. Typisch bei Eternit wird für die Ausstoßmenge nicht „Stück“ als Bewertungseinheit geführt, sondern vielmehr eine flächenspezifische Einheit, in diesem Fall „Normquadratmeter“ [Nm<sup>2</sup>]. Diese Nm<sup>2</sup> bewerten dabei sowohl den Oberflächen-, als auch den Dickenfaktor, der

Produkte der speziell für den Geschäftsbereich der Dach- und Fassadeneindeckung definiert wurde und konzernweit geführt wird.

### variable Kosten

#### Personaleinsatz:

##### *Produktionsmanagement*

Die Mitarbeiter des Produktionsmanagements sind während einer Produktion für sämtliche administrative Tätigkeiten zuständig. Dabei wird die Tätigkeit im Produktionsmanagement in einer 38,5h-Woche durchgeführt. Somit kann die jährlich aufgewandte Arbeit für das Produktionsmanagement in Summe mit dem Faktor  $\frac{1}{3}$  der jährlichen Maschinenbetriebsstunden  $[MBStd_{ges.}]$  bewertet werden  $[A_{ges.}]$ . Des Weiteren wird derzeit nicht die gesamte Arbeitszeit zur Durchführung von PM-Tätigkeiten aufgewandt, sondern lediglich ein Anteil von 70%  $[A_0 + A_{verw.}]$  der Gesamtarbeitszeit. Besonders durch die Weiterentwicklung des PM mittels RFID-Unterstützung erhofft man sich hier eine vielversprechende Reduzierung des Arbeitsanteiles von 40% und erreicht schlussendlich einen Arbeitsanteil von 30%  $[A_0 + A_{verw.}]$  der Gesamtarbeitszeit. Die periodenbezogene/jährliche Gesamtarbeitszeit  $[A_{var.}]$  kann schlussendlich über die Ausstoßmenge  $[Nm^2/a]$  bewertet werden, bzw. über die Lohnkostenbewertung  $[€/h]$  als produktionsbezogene Kosten  $[K_{var. \rightarrow Nm^2}]$  angeführt werden.

Produktionsmanagementpersonal			Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"	Neues Investitionsobjekt "RFID-System"
Arbeit Gesamt :	$A_{ges.}$	h/a	1.086,5	1.086,5
Grundauslastung :	$A_0$	%	10%	10%
Verwaltungsarbeit :	$A_{verw.}$	%	60%	20%
Summe :	$A_{var.}$	h/a	760,6	326,0
produktionsbezogene Arbeit :	$A_{var. \rightarrow Nm^2}$	h/TNm <sup>2</sup>	0,30	0,13
kostenmäßige Bewertung :	Lohn <sub>h</sub>	€/h	46,35	46,35
produktionsbezogene Kosten :	$K_{var. \rightarrow Nm^2}$	€/TNm <sup>2</sup>	13,74	5,89

Tabelle 8 produktionsbezogene PM-Kosten

##### *Produktionspersonal*

Gleichermaßen sind die Mitarbeiter in der Produktion für die Kennzeichnung der produzierten Produkte zuständig. Vom Produktionspersonal erstellt und auf die produzierte Palette angeheftet, nimmt diese Kennzeichnungstätigkeit ca. 2 Minuten pro Palette in Anspruch. Werden im Schnitt 4 Paletten pro Stunde an den Pro-

duktionsanlagen hergestellt, so nimmt diese Tätigkeit 13,3% ( $4 \times 2 / 60$ ) der Gesamtarbeitszeit ein. Wird wiederum die periodenbezogene/jährliche Gesamtarbeitszeit [ $A_{\text{ges.}}$ ] betrachtet, so stellen diese 13,33% einen wesentlichen Arbeitszeitblock von 434,50 Stunden dar.

Im Zuge der Weiterentwicklung mittels RFID-System werden hierbei wesentliche Vorteile durch die automatische Positionierung der RFID-Labels auf den Produkten erreicht. Werden beim derzeit praktizierten System mit Beipackzettel die Kennzeichnungen per Hand angeheftet, so soll dies in Zukunft ein Labeldrucker (Etikettierer) übernehmen. Lediglich der RFID-Label-Spender soll einmal pro Schicht kontrolliert werden und notfalls eine neue Rolle eingesetzt werden. Mit 15 Minuten pro Rollenwechsel (in 8 Stunden) werden dadurch Reduzierungen der Kennzeichnungstätigkeit auf 3,1% erzielt, wodurch die periodenbezogene/jährliche Gesamtarbeitszeit [ $A_{\text{var.}}$ ] auf ein Minimum reduziert wird.

Produktionspersonal			Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"	Neues Investitionsobjekt "RFID-System"
Arbeit Gesamt :	$A_{\text{ges.}}$	h/a	3.259,60	3.259,60
Grundauslastung :	$A_0$	%	0%	0%
Produktkennzeichnung :	$A_{\text{Kenn.}}$	%	13,3%	3,1%
Summe :	$A_{\text{var.}}$	h/a	434,50	101,86
produktionsbezogene Arbeit :	$A_{\text{var.} \rightarrow \text{Nm}^2}$	h/TNm <sup>2</sup>	0,17	0,04
kostenmäßige Bewertung :	$\text{Lohn}_h$	€/h	33,83	33,83
produktionsbezogene Kosten :	$K_{\text{var.} \rightarrow \text{Nm}^2}$	€/TNm <sup>2</sup>	5,73	1,34
<b>Summe variable Personalkosten :</b> $K_{\text{var.} \rightarrow \text{Nm}^2, \text{Pers.}}$			<b>19,47</b>	<b>7,23</b>

Abb. 47 produktionsbezogene Produktionspersonalkosten

### Materialeinsatz:

Neben den Personalkosten für die Kennzeichnungstätigkeit im Zuge des PM werden auch die Materialkosten in einem weiteren Schritt betrachtet.

Kommt beim derzeitigen System mit Beipackzettel pro Palette ein A4 Zettel für Kennzeichnungszwecke zum Einsatz, so wird beim optimierten System mittels RFID pro Produkt ein RFID-Label auf das Produkt aufgebracht.

Nicht unwesentlich wird vor allem durch den höheren Stückpreis pro Kennzeichnung [ $K_{\text{Kenn.}}$ ] und durch den wesentlich höheren Einsatz an Kennzeichnungsmaterial ein zum derzeitigen System höherer Materialeinsatz betrieben, der schlussendlich mit höheren Materialkosten, je produzierten Nm<sup>2</sup> bewertet wird.

<b>Verbrauch an Kennzeichnungsmaterial</b>			<b>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</b>	<b>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</b>
<i>Betrachtung eines Standardprodukts, die Produktion einer Großtafel 2.530x1.250x8mm</i>				
Kennzeichnungsintervall :	$K_{\text{interv.}}$		pro Palette 1x	pro Platte 1x
Produkte pro Palette :	$X_{\text{Palette}}$	Stück/Palette	34	34
Kennzeichnungen pro Palette :	$K_{\text{Palette}}$	Kenn./Palette	1	30
Normquadratmeter pro Produkt :	$Nm^2$	$Nm^2/\text{Produkt}$	6,85	6,85
Kennzeichnungen pro $TNm^2$ :	$Nm^2$	Kenn./ $TNm^2$	4,29	128,75
kostenmäßige Bewertung :	$K_{\text{Kenn.}}$	€/Kenn.	0,05	0,25
produktionsbezogene Kosten :	$K_{\text{var.} \rightarrow Nm^2}$	€/ $TNm^2$	0,21	32,19
<b>Summe variable Materialkosten :</b>	<b><math>K_{\text{var.} \rightarrow Nm^2, \text{Mat.}}</math></b>	<b>€/<math>TNm^2</math></b>	<b>0,21</b>	<b>32,19</b>
<b>Summe variable Kosten gesamt :</b>	<b><math>K_{\text{var.} \rightarrow Nm^2, \text{ges.}}</math></b>	<b>€/<math>TNm^2</math></b>	<b>19,68</b>	<b>39,42</b>

Abb. 48 produktionsbezogene variable Kosten

Fixkosten

Um die periodenbezogenen/jährlichen Kosten zu vervollständigen, werden die jährlichen Fixkosten beider Investitionen aufgeschlüsselt und gegenübergestellt.

Für die Fixkosten werden dabei:

- die jährliche Abschreibung ( $A_{fa}$ )
- die Zinskosten ( $i_{\text{kalk}}$ )
- und die sonstigen Fixkosten ( $K_{\text{fix,sonst}}$ ), die einen Fixkostenblock für regelmäßige Wartungen darstellen,

betrachtet.

<b>Kostenvergleichsrechnung</b>			<b>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</b>	<b>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</b>
Anschaffungskosten :	$a_0$	€	16.770	57.770
Restwert :	$RW$	€	-	-
Auslastung :	$A$	$TNm^2/a$	2.566.185	2.566.185
Zinssatz :	$i$	%	3%	3%
Nutzungsdauer :	$n$	a	7	7
<b>Fixkosten</b>				
Abschreibung :	$A_{fa}$	€	2.396	8.253
kalkulatorische Zinsen :	$i_{\text{kalk}}$	€	252	867
sonstige fixe Kosten	$K_{\text{fix,sonst}}$	€	1.000	1.000
<b>produktionsunabhängige Kosten :</b>	<b><math>K_{\text{fix}}</math></b>	<b>€/a</b>	<b>3.647</b>	<b>10.119</b>

Abb. 49 periodenbezogene Fixkosten

Vor allem aus Sicht des personellen Arbeitsaufwandes stellt die Weiterentwicklung des PM mit RFID-Unterstützung einen wesentlichen Vorteil dar.

Da aber die Materialkosten bei RFID-Labels ganz klar höher angesetzt sind, ist mit nachfolgender Betrachtung der jährlichen Gesamtkosten dennoch das derzeitige System mit Beipackzettel deutlich wirtschaftlicher.

<i>Kostenvergleichsrechnung</i>			<i>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</i>	<i>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</i>
	$K_{\text{fix}}$	€/a	3.647	10.119
	$K_{\text{var}}$	€/TNm <sup>2</sup>	19,68	39,42
<b>jährliche Gesamtkosten :</b>	<b>Kges</b>	<b>€</b>	<b>54.150</b>	<b>111.276</b>

Abb. 50 jährliche Gesamtkosten

Auch die grafische Darstellung der Kostenvergleichsrechnung stellt eine klare Abhebung der laufenden Kosten des optimierten RFID-Systems, im Vergleich zum derzeitigen System mit Beipackzettel dar. Ein Rentabilitätsvergleich oder sogar eine Amortisationsrechnung kann aufgrund der höheren periodenbezogenen/jährlichen Gesamtkosten nicht durchgeführt werden.

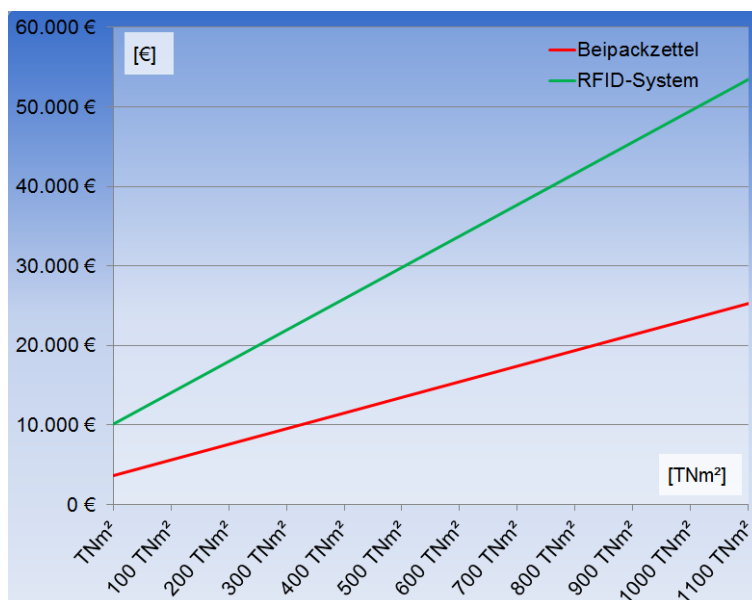


Abb. 51 grafische Darstellung des Kostenvergleiches

Bereits in Punkt 4.3.1 (Verwendung der RFID-Datenträger in der Produktion) kennengelernt, kann das derzeitige PM auf zwei Varianten durch Einsatz von RFID-Datenträgern optimiert werden:

1. Produktkennzeichnung
2. Palettenkennzeichnung

Abänderung:

Da lediglich die höheren Materialkosten der RFID-Labels die Kostenbetrachtung dermaßen beeinflussen, wird in einem weiteren Durchlauf der Kostenvergleichsrechnung eine Abänderung vorgenommen. Es wird dabei die Optimierungsvariante 2 „Palettenkennzeichnung“ während der Kostenvergleichsrechnung betrachtet. Somit wird bei sonst gleichen Ausgangsbedingungen lediglich die eingesetzte Menge an RFID-Labels abgeändert.

Es kann somit der Materialeinsatz dieser relativ „hochwertigen“ RFID-Labels reduziert werden, wobei die Funktion und die Vorteile durch dieses optimierte RFID-System weiter bestehen bleiben. Auch kostenmäßig ergeben sich dadurch klare Vorteile:

<b>Verbrauch an Kennzeichnungsmaterial</b>			<b>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</b>	<b>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</b>
<i>Betrachtung eines Standardprodukts, die Produktion einer Großtafel 2.530x1.250x8mm</i>				
Kennzeichnungsintervall :	$K_{\text{interv.}}$		pro Palette 1x	pro Platte 1x
Produkte pro Palette :	$X_{\text{Palette}}$	Stück/Palette	34	34
Kennzeichnungen pro Palette :	$K_{\text{Palette}}$	Kenn./Palette	1	1
Normquadratmeter pro Produkt :	$\text{Nm}^2$	$\text{Nm}^2/\text{Produkt}$	6,85	6,85
Kennzeichnungen pro $\text{TNm}^2$ :	$\text{Nm}^2$	Kenn./ $\text{TNm}^2$	4,29	4,29
kostenmäßige Bewertung :	$K_{\text{Kenn.}}$	€/Kenn.	0,05	0,25
produktionsbezogene Kosten :	$K_{\text{var.} \rightarrow \text{Nm}^2}$	€/ $\text{TNm}^2$	0,21	1,07
<b>Summe variable Materialkosten :</b>	<b><math>K_{\text{var.} \rightarrow \text{Nm}^2, \text{Mat.}}</math></b>	<b>€/<math>\text{TNm}^2</math></b>	<b>0,21</b>	<b>1,07</b>
<b>Sume variable Kosten gesamt :</b>	<b><math>K_{\text{var.} \rightarrow \text{Nm}^2, \text{ges.}}</math></b>	<b>€/<math>\text{TNm}^2</math></b>	<b>19,68</b>	<b>8,30</b>

Abb. 52 produktionsbezogene variable Kosten → Abänderung Palettenkennzeichnung

Mit Betrachtung der jährlichen Gesamtkosten [ $K_{\text{ges.}}$ ] können dadurch die periodenbezogenen Kosten im Vergleich zur ersten Betrachtung auf  $\frac{1}{4}$  gesenkt werden, bzw. ergeben sich zum derzeitigen System der Beipackzetteln auch klare Kostenvorteile von fast 60%

Kostenvergleichsrechnung			Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"	Neues Investitionsobjekt "RFID-System"
	$K_{\text{fix}}$	€/a	3.647	10.119
	$K_{\text{var}}$	€/TNm <sup>2</sup>	19,68	8,30
jährliche Gesamtkosten :	$K_{\text{ges.}}$	€	54.150	31.427

Abb. 53 jährliche Gesamtkosten → Abänderung Palettenkennzeichnung

Werden die jährlichen Gesamtkosten beider Investitionsobjekte, in Abhängigkeit der produzierten Menge [ $\text{Nm}^2$ ] grafisch dargestellt, so kommt es bei einer Produk-



tionsmenge von knapp 600 TNm<sup>2</sup> zum sogenannten Break-Even Point, das heißt, dass sich die periodenbezogenen Kosten beider Systeme gleichermaßen zu Buche schlagen. Bei Erhöhung der Produktionsmenge über diesen Break-Even Point hinaus werden durch das neue System sogar Kostenvorteile, im Vergleich zum derzeitigen System mit Beipackzettel erzielt.

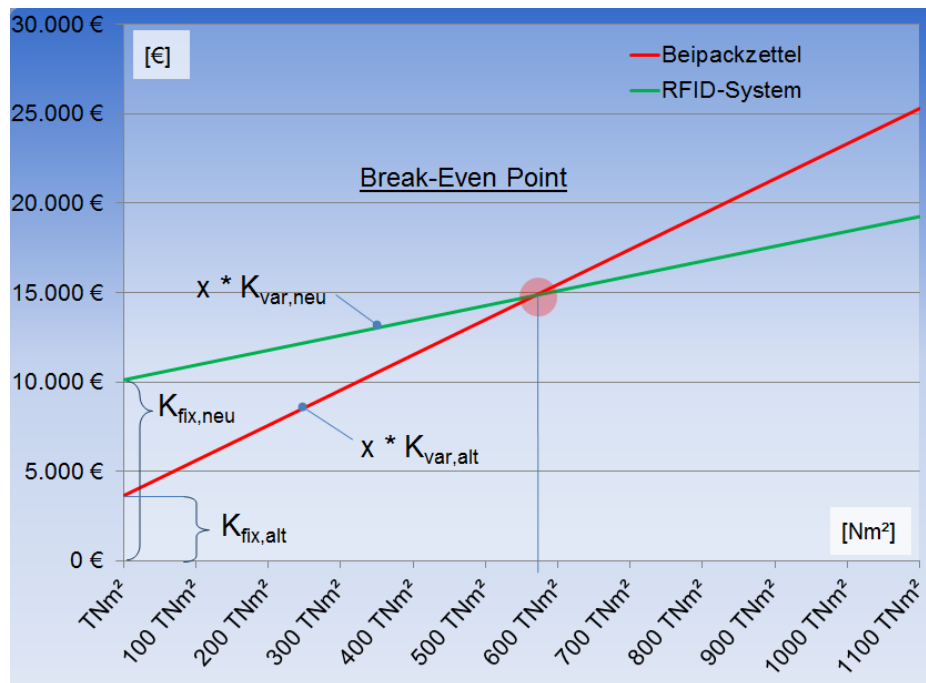


Abb. 54 grafische Darstellung des Kostenvergleiches mit Break-Even Point

Dieser Break-Even Point kann dabei im Zuge der Kostenvergleichsrechnung rechnerisch ermittelt werden.

Durch Umformung der Formel:

$$K_{\text{ges}} = K_{\text{fix}} + K_{\text{var}} \times A$$

auf die Auslastung [A] und anschließendem Gleichsetzen beider Kostenfunktionen erhalten wir schließlich die kritische Auslastung [ $A_{\text{kritisch}}$ ] die in Abb. 54 zum Break-Even Point führt.

kritische Auslastung :	$A_{\text{kritisch}}$ TNm <sup>2</sup>	568,9
------------------------	--	-------

Eine Auslastung von >568,9 TNm<sup>2</sup> muss dabei jährlich erzielt werden, um kostengünstige Vorteile durch die Ersatzinvestition erzielen zu können.

Werden dabei die Produktionsdaten aus dem vergangenen Jahr 2013 wieder in Erinnerung gerufen, so wurden hier 2.566,185 TNm<sup>2</sup> an der Produktionsmaschine produziert, wodurch ein Ersatz durch ein RFID unterstütztes System aus Sicht der Kostenvergleichsrechnung absolut als vorteilhaft erscheint.



Oft stellt sich die Frage nach dem Zeitpunkt der Kostengleichheit dieser beiden Investitionsobjekte. Da über die Betrachtungsperiode jedoch die Ausstoßmenge der Produktionsmaschinen nicht linear, verglichen Abb. 54 verläuft, wird unter Berücksichtigung des Monatsindex eine Abhängigkeit zwischen Produktionszeit und Kosten gebildet. Bereits in Punkt 3.2.1 (operative Planungsebene – Arbeitspläne) kennengelernt, setzt sich der Monatsindex für die Produktgruppe Großtafel für das Budgetjahr wie folgt zusammen:

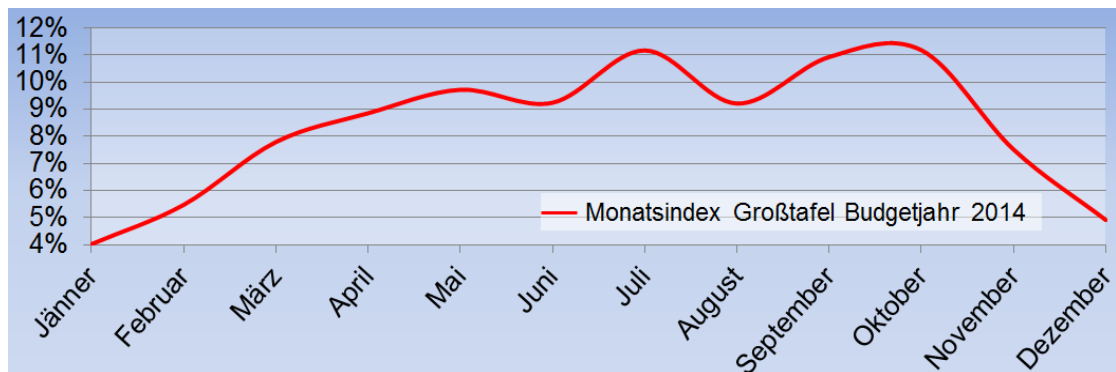


Abb. 55 Monatsindex Budgetjahr 2014 (Quelle: Eternit)

Aus diesem Monatsindex können dabei schon relativ genaue Aussagen über die Produktion von Großtafeln für das Jahr 2014 gemacht werden. Z.B. ist der verkaufstarke Sommermonat Juli, bzw. die Monate der Eternit-Wintereinlagerungsaktion September bis Oktober ersichtlich. Nach diesen Ereignissen richtet sich die Produktionsplanung in der operativen PE.

Unter Einbeziehung des Break-Even Points erhalten wir schlussendlich eine Aussage darüber, nach welcher Planproduktionszeit sich der Break-Even Point einpendelt.

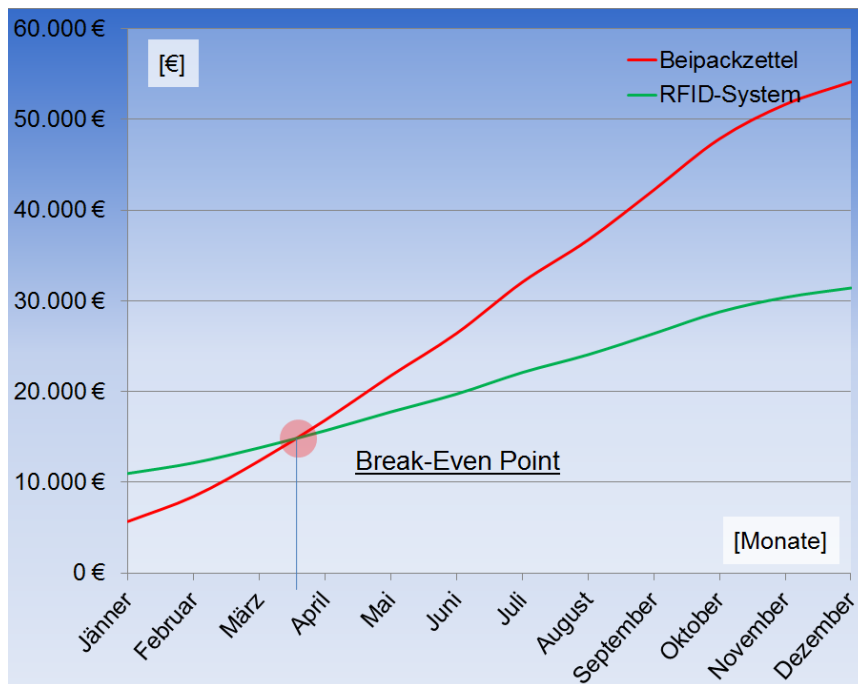


Abb. 56 grafische Darstellung des Kostenvergleiches mit Break-Even Point

Solche „Break-Even Point“-Darstellungen werden dabei oft falsch gedeutet. Geht man auf das zuvor dargelegte Diagramm mit der zeitlichen „Break-Even Point“-Darstellung ein, kann ein falscher Eindruck entstehen, dass sich nach ca. 4 Monaten Betrieb die Anlage „rechnet“. Aber mit dieser Darstellung, bzw. mit der Kostenrechnung allgemein, werden nur buchhalterische Kosten verglichen, die während der Periode anfallen. Der Kostenblock der Anschaffung [ $a_0$ ] wurde dabei nicht berücksichtigt und steht in keiner Relation zu der Darstellung in Abb. 56.

### 5.2.2. Rentabilitätsrechnung

Mit der Rentabilitätsrechnung soll dabei dieses investierte Kapital berücksichtigt werden, welches zum Zeitpunkt der Anschaffung anfällt. Es wird dabei viel Kritik aus der Welt geschafft, indem nicht nur die laufenden, periodischen Betriebskosten und Betriebskostensparnisse der Investition betrachtet werden, sondern eben auch das eingesetzte Kapital in Relation gesetzt wird. Als Ergebnis der Rentabilitätsrechnung werden dem Investor nicht absolute Zahlen präsentiert, sondern eine relative Zahl, dem sogenannten Rentabilitätsgrad.

Im Zuge der Ersatzinvestition werden dabei die periodenbezogenen/jährlichen Betriebskosten [ $K_{\text{ges}}$ ] beider Investitionsobjekte gegenüber gestellt:

<b>Rentabilitätsrechnung</b>			<b>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</b>	<b>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</b>
jährliche Gesamtkosten :	$K_{\text{ges.}}$	€	54.150	31.427
jährliche Kostenersparnisse :	$K_{\text{ersp.}}$			

Mit dem Kapitaleinsatz [D] kann die Rentabilität der Investition definiert werden. Wobei bei dieser Ersatzinvestition linear abgeschrieben wird und sich der Kapitaleinsatz wie folgt berechnet:

$$\text{Kapitaleinsatz [D]} = \frac{\text{Anschaffungskosten [a}_0\text{]}}{2}$$

Unter Kapitaleinsatz werden dabei alle Anschaffungsausgaben geführt, die mit der Investition anfallen. Zu berücksichtigen sind auch Projektierungskosten, Anschaffungsnebenkosten oder auch Umbau- oder Installierungskosten.

Werden schlussendlich die periodenbezogenen Kostenersparnisse [ $K_{\text{ersp.}}$ ] mit dem Kapitaleinsatz [D] in Relation gebracht, erhält man die Rentabilität [R], die größer sein muss als die Mindestrentabilität [ $R_{\text{min}}$ ], um die Vorteilhaftigkeit der Ersatzinvestition zu begründen.

<b>Rentabilitätsrechnung</b>			<b>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</b>	<b>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</b>
jährliche Gesamtkosten :	$K_{\text{ges.}}$	€	54.150	31.427
jährliche Kostenersparnisse :	$K_{\text{ersp.}}$			
Kapitaleinsatz :	D	€		33.011
<b>Rentabilität :</b>	<b>R</b>	<b>%</b>		<b>69%</b>

Abb. 57 Rentabilitätsrechnung

### 5.2.3. Amortisationsrechnung

Weg von den Kosten und von der Rentabilität, wird mit der Durchführung der Amortisationsrechnung dem Investor eine Einschätzung darüber geliefert, mit welchem Risiko die Ersatzinvestition verbunden ist. Grundsätzlich wird bei der Bewertung von Investitionen bei Eternit die mittelfristige Betrachtung herangezogen und eine Zeitspanne von bis zu 3 Jahren definiert, in der sich die Investition amortisieren soll. Es stehen dabei nicht mehr die anfallenden Kosten, generierten Erlöse oder die Rentabilität im Vordergrund. Vielmehr handelt es sich dabei um ein Sicherheitsdenken des Investors, in welchem Zeitraum das investierte Kapital über Kostenersparnisse oder Umsatzerlöse wieder in das Unternehmen zurückfließt. Der grundlegende Gedanke dabei, ist der Zusammenhang zwischen Absicherung und Investitionsdauer, denn je schneller das eingesetzte Kapital wieder zurück-

fließt, die Investition sich also amortisiert, umso sicherer ist das Investitionsvorhaben.<sup>77</sup>

Im Zuge der Ersatzinvestition, durch Optimierung des PM mittels RFID-Unterstützung, werden dabei weniger Erlöse während der Nutzungsdauer generiert, sondern wird vielmehr Einsparungspotential im PM-Personal geschaffen, was schlussendlich die laufenden Periodenkosten, vor allem die variablen Kosten wesentlich reduziert. Dieses kostenmäßig bewertete, jährliche Einsparungspotential [ $K_{ersp.}$ ] wird mit den Anschaffungskosten [ $a_0$ ] in Relation gebracht, wodurch sich die Amortisationszeit [AZ] darstellen lässt.

<b>Amortisationsvergleich</b>			<b>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</b>	<b>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</b>
jährliche Kostenersparnisse :	$K_{ersp.}$	€	22.723	
Amortisationsvergleich :	AZ	Jahre		2,54

Abb. 58 Amortisationsdarstellung

Wie bereits erwähnt, wird bzgl. Amortisationszeit bei Eternit das Ziel  $AZ < 3 \text{ Jahre}$  angestrebt, welches bei dieser Ersatzinvestition erfüllt wird.

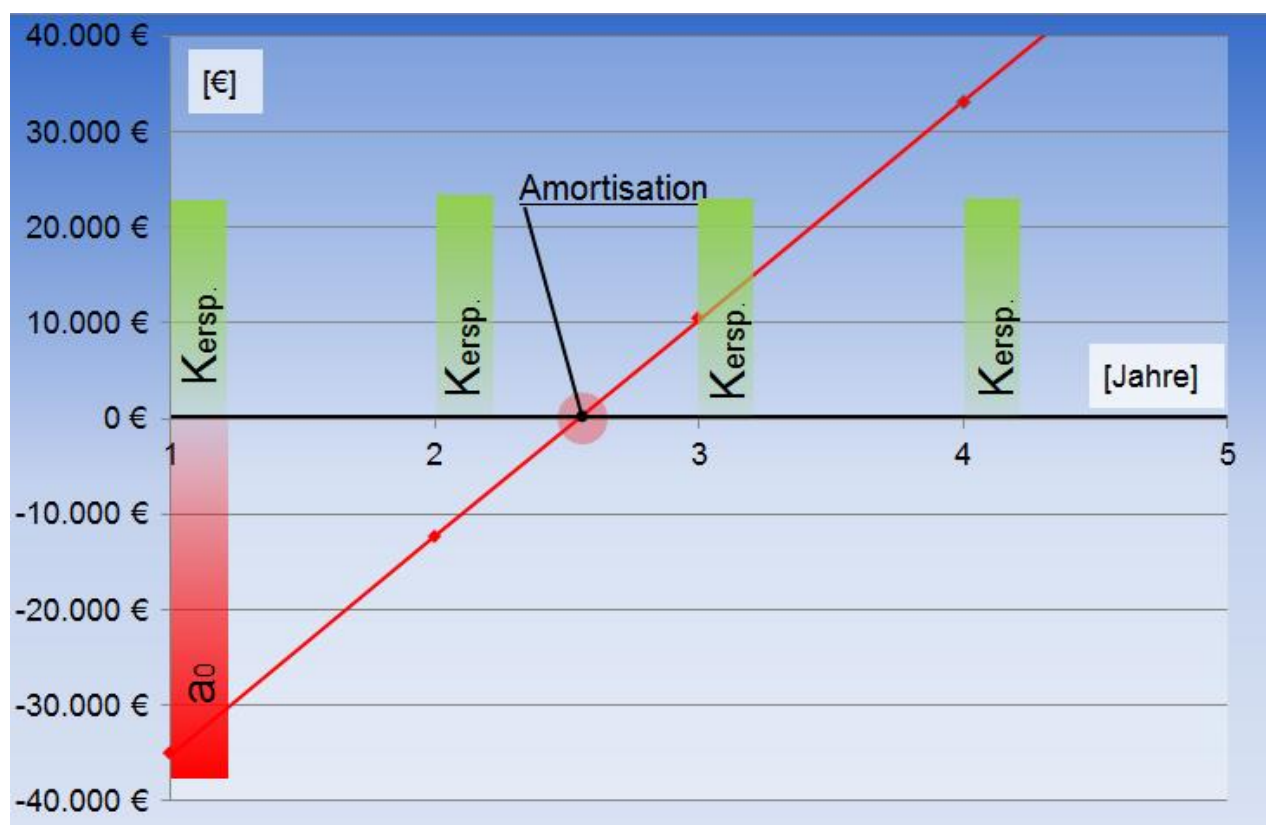


Abb. 59 grafische Amortisationsdarstellung

<sup>77</sup>Vgl. Obermeier (2008), S. 34

---

## **6. Schluss**

### **6.1. Ergebnisse**

Mit dem Wandel der Zeit haben sich in verschiedenen Produktionsunternehmen nicht nur die Produktionsverfahren und -maschinen verändert und sind optimiert worden, sondern sind mit stetig steigenden Kundenanforderungen, die Anforderung an das Produkt und somit an die Produktqualität gestiegen.

Je nach Kundenwunsch fertigt das Unternehmen Eternit Produkte auf einem hohen Qualitätsniveau, wobei die Produktvariation in den letzten Jahren stetig zugenommen hat.

Für Eternit bedeutet dies zusätzlichen Aufwand, nicht nur in der Produktion, sondern wesentlich im Produktionsmanagement. Vor allem die Sicherstellung des Informationsflusses, im Zuge des PM stößt bei der aktuellen Marktentwicklung an seine Grenzen. Der hohe Detaillierungsgrad des dabei geführten Informationsflusses, vor allem in der Produktion, lässt das derzeitige System mit Beipackzettel eindeutig an seine Grenzen stoßen und es zeigt vielfach Schwachstellen während der laufenden Produktion.

Die Qualität der Produktionsrückmeldungen spielt bei der Sicherstellung, der vom Kunden geforderten Produktqualität eine wichtige Rolle, wodurch Eternit nun vor einer wichtigen Aufgabe steht: Der Optimierung des Informationsflusses im PM und QM, durch Einsatz moderner Datenträger.

Nach Untersuchung möglicher Systeme für die industrielle Identifikation und der Durchführung des Auswahlverfahrens, unter Einhaltung der Rahmendbedingungen und Vorgaben seitens des Produktionsprozesses und Informationssystems bei Eternit, konnte die Unterstützung des Produktionsprozesses, mittels RFID-System ausgewählt und konkretisiert werden.

Der Einsatz dieser Datenträger wird dabei während der Durchführung der Investitionsentscheidungsrechnung, vor allem durch die Einsparung an Arbeit bei Kennzeichnungs-, Ausfüll- und Übertragungstätigkeiten, im Zuge des Produktionsmanagements vielfach bestätigt. Über die laufenden Kosteneinsparungen, im Vergleich zum System mit Beipackzetteln, kann das eingesetzte Kapital im Zuge der Investition in unter 3 Jahren amortisiert werden, wodurch auch das Risiko für den Eigentümer niedrig gehalten werden kann.

---

### 6.2. Maßnahmen und Konsequenz

Aufgrund des stetigen Wachstums der Informationsdichte, im Zuge des Produktionsmanagements, ist eine Optimierung des derzeitig verwendeten Systems mittels Beipackzettel unumgänglich. Vor allem kann mit steigender Informationsdichte eine allumfassende Informationsbereitstellung und -Transparenz nicht sichergestellt werden.

In den letzten Jahren wurde bzgl. Produktionstechnologie viel in die Modernisierung der Produktionsanlage gesetzt, ebenso wurden früher verwendete analoge Messsysteme für die Bestimmung der Produktionsdaten, durch moderne digitale Messsysteme ersetzt, wodurch zwangsmäßig die Anpassung des Datenverwaltungsprogramms durchgeführt werden muss.

Für diese Adaptierung, speziell für die Anpassung des Identifikationssystems wurden dabei auf dem ID-Markt bekannte Technologien vorgestellt und Vor- bzw. Nachteile erläutert.

Während der Durchführung der Nutzwertanalyse, als Instrument für die Auswahl der Kennzeichnungstechnologie hat sich das System der RFID-Datenträger als die Alternative erwiesen, die den Anforderungen seitens der Eternit-Werke am besten entspricht. Zum Zeitpunkt der Durchführung des Auswahlverfahrens für die eingesetzte Kennzeichnungstechnologie wussten die Projektteammitglieder bereits, welche Systeme auf dem Markt verfügbar sind. Zudem wurde ein vergleichbares Produktionsunternehmen für Fassadeneindeckungen besichtigt, welches bereits für die Durchführung der Produktionsrückmeldungen und Durchführung der Transport- und Lagerstandortbuchung, ein auf RFID-Basis funktionierendes System seit einigen Jahren erfolgreich verwendet, wodurch die positive Einstellung zu diesem System bei den Interessensgruppen bei Eternit zunahm. Durch diese Vorkenntnisse kann die Subjektivität der Teilnehmer an der Nutzwertanalyse als wesentliche Kritik dieses Auswahlverfahrens genannt werden, da von Beginn an eine klare Tendenz zu diesem einen System bestand. Aber nichts desto trotz wurde die RFID-Technologie bereits für einen gleichwertigen Einsatzzweck in einem vergleichbaren Unternehmen getestet, wodurch wesentliche Erfahrungen ausgetauscht werden konnten und somit auch mögliche Unsicherheiten bzw. Skepsis zu diesem System reduziert werden konnten.

Durch die Aufbereitung der Investitionsentscheidungsrechnung, zur Aufzeigung möglicher Risiken bei Einführung des optimierten Systems mittels RFID-

---

Unterstützung, wurde dabei als Vergleich, bzw. Hochrechnungsbasis eine Stufe in der Produktion, die Primärproduktion betrachtet und sämtliche relevanten Kosten und Einsparungen durch die Optimierung aufgezeigt. Dabei wurden größtenteils produktionsnahe Annahmen getroffen was die möglichen Einsparungen betrifft. Zwar kann zu diesem Zeitpunkt keine 100%ige Aussage über die späteren Einsparungspotentiale getroffen werden, aber durch die sorgfältige und akribische Betrachtung sämtlicher Kostenverursacher kann näherungsweise ein akzeptables Ergebnis erzielt werden. Speziell durch eine Nachevaluierung kann nach der Einführung und Anlaufzeit des RFID-unterstützten Kennzeichnungssystems eine weitere Kostenbetrachtung durchgeführt werden, um die Genauigkeit der getroffenen Annahmen zu überprüfen.

Zudem konnte durch diese Ausarbeitung, speziell für weitere vergleichbare Projekte, eine Grundbasis für Investitionsentscheidungsrechnungen geschaffen werden und das Kalkül kann somit hervorragend als Tabellenkalkulations-Vorlage zur weiteren Verwendung herangezogen werden.

---

**Literatur- und Quellenverzeichnis****August-Wilhelm Scheer**

Industrie 4.0- Wie sehen Produktionsprozesse im Jahr 2020 aus? – IMC AG

**Axel Mehlan**

Praxishilfen Controlling, die besten Controlling-Instrumente mit Excel – Rudolf Haufe Verlag

**Bernd Jähne, Robert Massen, Bertram Nickolay, Harald Scharfenberg**

technische Bildverarbeitung – maschinelles Sehen – Springer Verlag

**Bloech, Bogaschewsky, Götze, Roland**

Einführung in die Produktion – Springer Verlag

**Burkhard Huch, Wolfgang Behme, Thomas Ohlendorfer**

Rechnungswesen orientiertes Controlling, ein Leitfaden für Studium und Praxis – Physika-Verlag

**Christian Demant, Bernd Streicher-Abel, Peter Waszkewitz**

Industrielle Bildverarbeitung – wie optische Qualitätskontrolle wirklich funktioniert – Springer Verlag

**Christian Kern**

Anwendungen von RFID-Systemen – Springer Verlag

**Dieter Arnold, Heinz Isermann, Axel Kuhn, Horst Tempelmeier**

technische Bildverarbeitung – maschinelles Sehen – Springer Verlag  
Handbuch Logistik – Springer Verlag

**Dyckhoff, Spengler**

Produktionswirtschaft- eine Einführung für Wirtschaftsingenieure – Springer Verlag

**Dyckhoff**

Betriebliche Produktion – theoretische Grundlagen einer umweltorientierten Produktionswirtschaft – Springer Verlag

**Ekbert Hering**

Taschenbuch für Wirtschaftsingenieure – Hanser Verlag

**Erich Gutenberg**

Einführung in die Betriebswirtschaftslehre – wirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler, Wiesbaden

**Franz J. Brunner, Karl W. Wagner**

Taschenbuch Qualitätsmanagement; Leitfaden für Studium und Praxis – Hanser Verlag

**Günther, Templmeier**

Produktion und Logistik – Springer Verlag

**Hans-Dieter Seghezzi, Fritz Fahrni, Frank Herrmann**

Integriertes Qualitätsmanagement - der St. Galler Ansatz – Hanser Verlag



---

**Hans-Dieter Zollondz**

Grundlagen des Qualitätsmanagements – Oldenbourg Verlag

**Henner Schierenbeck, Claudia B. Wöhle**

Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre – Oldenbourg Verlag

**Holger Luczak, Walter Eversheim**

Produktionsplanung und –steuerung, Grundlagen, Gestaltung und Steuerung – Springer Verlag

**Jürgen Härdler**

Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure – Carl Hanser Verlag

**Kenneth C. Laudon, Jane P. Laudon, Detlef Schoder**

"Wirtschaftsinformatik – Eine Einführung" - Pearson Studium

**Klaus Finkenzeller**

RFID Handbuch, Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC – Hanser Verlag

**Klaus-Peter Kistner, Marion Steven**

Betriebswirtschaftslehre: Produktion, Absatz, Finanzierung – Physika Verlag

**Klaus Schmeh**

elektronische Ausweisdokumente, Grundlagen und Praxisbeispiele – Hanser Verlag

**Marion Steven**

Handbuch Produktion – Theorie-Management-Logistik- Controlling – Kohlhammer Verlag

**Norbert Bauer**

Handbuch zur industriellen Bildverarbeitung – Qualitätssicherung in der Praxis – Fraunhofer IRB Verlag

**Peter Winkelmann**

Marketing und Vertrieb – Fundamente für die marktorientierte Unternehmensführung – Oldenbourg Verlag

**Ralf Jesse und Oliver Rosenbaum**

Barcode, Theorie, Lexikon, Software – Verlag Technik

**Robert und Gabriele Schoblick**

Elektronik-RFID, Grundlagen, Eingeführte Systeme, Einsatzbereiche, Datenschutz, praktische Anwendungsbeispiele – Franzis Verlag

**Sebastian Kummer, Oskar Grün, Werner Jammerneegg**

Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik – Pearson Studium

**Stefan Kiener, Nicolas Maier-Scheubeck, Robert Obermaier, Manfred Weiß**

Produktionsmanagement – Grundlagen der Produktionsplanung und Steuerung – Oldenbourg Verlag

---

**Stefan Kronenberger**  
Investitions-GiP

**Thomas Obermeier, Richard Gasper**  
Investitionsrechnung und Unternehmensbewertung

**Torsten Becker**  
Prozess in Produktion und Supply Chain optimieren – Springer Verlag

**Ulrich Ermschel, Christian Möbis, Holgar Wengert**  
Investition und Finanzierung- BA Kompakt – Physika-Verlag

**Ulrich Sandler**  
Das PDM-Kompendium – Springer Verlag

**Ulrich Pape**  
Grundlagen der Finanzierung und Investition mit Fallbeispielen und Übungen – Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH

**Wolfgang Rankl, Wolfgang Effing**  
Handbuch der Chipkarten, Aufbau, Funktionsweise, Einsatz von Smartcards – Hanser Verlag

**Wolfgang Rankl**  
Chipkarten-Anwendung – Entwurfsmuster für Einsatz und Programmierung von Chipkarten – Hanser Verlag

**wissenschaftliche Zeitschriften, Magazine, Fachartikel und Publikationen**

**Baumer ([www.baumer.com](http://www.baumer.com))**  
Hersteller für Komponenten der industriellen Bildverarbeitung

**FIR an der RWTH Aachen – Unternehmen der Zukunft**  
„Zeitschrift für Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung“ – 1/2010

**Hanser**  
Elektronisches Produktionsmanagement 2003

**Hartmuth Strohn**  
Einfach aufzeichnen – Datenbankanbindungen, 08.11.2011

**Dr.-Ing. Martin Wölker**  
[www.identifikation.info](http://www.identifikation.info) , 2008

**Karl-Heinz Wehking, Klaus-Peter Rahn**  
RFID-systematische Versuche für den zuverlässigen Einsatz in der Logistik – Logistics Journal

**RFID-Basis**  
Das RFID-Informationsportal – [www.rfid-basis.de](http://www.rfid-basis.de)

**RFID-Journal**  
[www.rfid-journal.de](http://www.rfid-journal.de)

**Siemens**

industrielle Identifikation für nachhaltige Prozesse, 2011

**VÖZ**

Vereinigung der österreichischen Zementindustrie

**Wissensportal IT-Wissen.info**

IT-Wissen, das große Online-Lexikon für Informationstechnologie – DATACOM Buchverlag GmbH

**weiter Quellen:**

Eternit-Werke Ludwig Hatschek AG – Produktionsdarstellungen und Unterlagen der Produktion, Unterlagen der Produktionsverwaltung PM

**Abkürzungsverzeichnis / Glossar**

Abb.	<u>A</u> bbildung
bspw.	<u>b</u> eis <u>pi</u> els <u>w</u> eise
bzgl.	<u>b</u> ez <u>ü</u> glich
bzw.	<u>b</u> ez <u>ie</u> hungs <u>w</u> eise
d.h.	<u>d</u> as <u>h</u> eißt
evtl.	<u>e</u> ven <u>t</u> uell
ggü	<u>g</u> egen <u>ü</u> ber
ID	<u>I</u> dentifikation
IEV	<u>I</u> nvestitions <u>e</u> ntscheidungs <u>v</u> erfahren
IT	<u>I</u> nformation <u>t</u> echnik - Informatiker
KMU	<u>k</u> leine und <u>m</u> ittlere <u>U</u> nternehmen
max.	<u>m</u> aximal
MBStd.	<u>M</u> aschinen <u>b</u> etriebs <u>s</u> tunden Als MBStd. sind die gesamte Laufzeit der Produktionsanlagen abzüglich der Störungen bei Eternit geführt. Diese Stundenanzahl bewertet somit die produktive Laufzeit der Maschine.

MM	<u>M</u> er <u>k</u> ma <u>l</u> e
MI	<u>M</u> ona <u>t</u> s <u>i</u> nd <u>e</u> x Der Monatsindex ist eine Kennziffer in der Produktionsplanung. Dieser Index gibt dabei die prozentuale Monatsproduktionsmenge einer prognostizierten Jahresproduktion an und ist dabei verkaufsorientiert. Das heißt in verkaufsstarken Monaten wird der Monatsindex dementsprechend angepasst (erhöht).
Nm <sup>2</sup>	Normquadratmeter Bei vergleichbaren Produzenten von Faserzement-Artikel wird als Vergleich der Produktionsleistung die Einheit Nm <sup>2</sup> geführt. Durch diese Vergleichskennzahl wird dabei das produzierte Volumen über Oberfläche des Produktes und Dickenfaktor bewertet.
NWA	<u>N</u> ut <u>z</u> we <u>r</u> t <u>a</u> na <u>l</u> yse Ein Bewertungs- und Auswahlverfahren zur Bewertung von Alternativen, durch qualitative und quantitative Faktoren
OCR	<u>o</u> ptical <u>c</u> haracter <u>r</u> ecognition
PDM	<u>P</u> rodukt <u>d</u> aten <u>m</u> anagement
PLM	<u>P</u> rodukt <u>l</u> ebenszyklus <u>m</u> anagement
PM	<u>P</u> roduktions <u>m</u> anagement
PPS	<u>P</u> roduktions <u>p</u> lanung und - <u>s</u> teuerung
QM	<u>Q</u> ualitäts <u>m</u> anagement
usw.	und so weiter
z.B.	zum <u>B</u> eispiel

**Anhang***Gegenüberstellung der Anschaffungskosten:*

<b>Anschaffungskosten</b>	<b>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</b>		
	Stückkosten €/Stück	Menge/Stück -	Gesamtkosten €
<i>PC-Station (Industrierausführung) :</i>	890 €	3	2.670 €
<i>Laserstrahldrucker (Standard) :</i>	450 €	4	1.800 €
<i>Integration Software :</i>	6.800 €	1	6.800 €
<i>IT-Leistung :</i>	5.500 €	1	5.500 €
<b><i>a<sub>0</sub> :</i></b>			<b>16.770 €</b>

<b>Anschaffungskosten</b>	<b>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</b>		
	Stückkosten €/Stück	Menge/Stück -	Gesamtkosten €
<i>PC-Station (Industrierausführung) :</i>	890 €	3	2.670 €
<i>UHF Portal Indoor :</i>	2.200 €	9	19.800 €
<i>UHF Etikettendrucker :</i>	15.000 €	1	15.000 €
<i>Integration Software :</i>	10.500 €	1	10.500 €
<i>IT-Leistung :</i>	9.800 €	1	9.800 €
<b><i>a<sub>0</sub> :</i></b>			<b>57.770 €</b>

*Aufschlüsselung der variablen Personalkosten:*

<b>fixe- und variable Kosten</b>			<b>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</b>	<b>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</b>
<b>variable Kosten</b>				
<i>Betrachtung einer Produktionsmaschine in der Primärproduktion</i>				
<b>Produktion Maschine 3</b>				
Maschinenbetriebsstunden :	MBStd <sub>ges.</sub>	MBStd/a	3.259,6	3.259,6
Erzeugung :	Nm <sup>2</sup>	Nm <sup>2</sup> /MBStd	787,3	787,3
jährliche Erzeugung :	Nm <sup>2</sup>	Nm <sup>2</sup> /a	2.566.185,3	2.566.185,3
<b>Produktionsmanagementpersonal</b>			<b>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</b>	<b>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</b>
Arbeit Gesamt :	A <sub>ges.</sub>	h/a	1.086,5	1.086,5
Grundauslastung :	A <sub>0</sub>	%	10%	10%
Verwaltungsarbeit :	A <sub>verw.</sub>	%	60%	20%
Summe :	A <sub>var.</sub>	h/a	760,6	326,0
produktionsbezogene Arbeit :	A <sub>var.→Nm<sup>2</sup></sub>	h/TNm <sup>2</sup>	0,30	0,13
kostenmäßige Bewertung :	Lohn <sub>h</sub>	€/h	46,35	46,35
produktionsbezogene Kosten :	K <sub>var.→Nm<sup>2</sup></sub>	€/TNm <sup>2</sup>	13,74	5,89

Produktionspersonal			Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"	Neues Investitionsobjekt "RFID-System"
Arbeit Gesamt :	$A_{ges.}$	h/a	3.259,60	3.259,60
Grundauslastung :	$A_0$	%	0%	0%
Produktkennzeichnung :	$A_{Kenn.}$	%	13,3%	3,1%
Summe :	$A_{var.}$	h/a	434,50	101,86
produktionsbezogene Arbeit :	$A_{var. \rightarrow Nm^2}$	h/TNm <sup>2</sup>	0,17	0,04
kostenmäßige Bewertung :	Lohn <sub>h</sub>	€/h	33,83	33,83
produktionsbezogene Kosten :	$K_{var. \rightarrow Nm^2}$	€/TNm <sup>2</sup>	5,73	1,34
<b>Summe variable Personalkosten :</b>			<b>19,47</b>	<b>7,23</b>
<b><math>K_{var. \rightarrow Nm^2, Pers.}</math></b>				
<b>€/TNm<sup>2</sup></b>				

... und der dazugehörigen Materialkosten:

Verbrauch an Kennzeichnungsmaterial			Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"	Neues Investitionsobjekt "RFID-System"
Betrachtung eines Standardprodukts, die Produktion einer Großtafel 2.530x1.250x8mm				
Kennzeichnungsintervall :	$K_{interv.}$		pro Palette 1x	pro Platte 1x
Produkte pro Palette :	$X_{Palette}$	Stück/Palette	34	34
Kennzeichnungen pro Palette :	$K_{Palette}$	Kenn./Palette	1	30
Normquadratmeter pro Produkt :	$Nm^2$	Nm <sup>2</sup> /Produkt	6,85	6,85
Kennzeichnungen pro TNm <sup>2</sup> :	$Nm^2$	Kenn./TNm <sup>2</sup>	4,29	128,75
kostenmäßige Bewertung :	$K_{Kenn.}$	€/Kenn.	0,05	0,25
produktionsbezogene Kosten :	$K_{var. \rightarrow Nm^2}$	€/TNm <sup>2</sup>	0,21	32,19
<b>Summe variable Materialkosten :</b>			<b>0,21</b>	<b>32,19</b>
<b><math>K_{var. \rightarrow Nm^2, Mat.}</math></b>				
<b>€/TNm<sup>2</sup></b>				
<b>Sume variable Kosten gesamt :</b>			<b>19,68</b>	<b>39,42</b>
<b><math>K_{var. \rightarrow Nm^2, ges.}</math></b>				
<b>€/TNm<sup>2</sup></b>				

Fixkostenblock:

Kostenvergleichsrechnung			Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"	Neues Investitionsobjekt "RFID-System"
Anschaffungskosten :	$a_0$	€	16.770	57.770
Restwert :	RW	€	-	-
Auslastung :	$A$	TNm <sup>2</sup> /a	2.566.185	2.566.185
Zinssatz :	$i$	%	3%	3%
Nutzungsdauer :	$n$	a	7	7
<b>Fixkosten</b>				
Abschreibung :	$A_{fa}$	€	2.396	8.253
kalkulatorische Zinsen :	$i_{kalk}$	€	252	867
sonstige fixe Kosten	$K_{fix, sonst}$	€	1.000	1.000
<b>produktionsunabhängige Kosten :</b>	<b><math>K_{fix}</math></b>	<b>€/a</b>	<b>3.647</b>	<b>10.119</b>



*Abänderung des Konzeptes durch die Palettenkennzeichnung:*

<i>fixe- und variable Kosten</i>			<i>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</i>	<i>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</i>
<b>variable Kosten</b>				
<i>Betrachtung einer Produktionsmaschine in der Primärproduktion</i>				
Produktion Maschine 3				
Maschinenbetriebsstunden :	MBStd <sub>ges.</sub>	MBStd/a	3.259,6	3.259,6
Erzeugung :	Nm <sup>2</sup>	Nm <sup>2</sup> /MBStd	787,3	787,3
jährliche Erzeugung :	Nm <sup>2</sup>	Nm <sup>2</sup> /a	2.566.185,3	2.566.185,3
<b>Produktionsmanagementpersonal</b>				
Arbeit Gesamt :	A <sub>ges.</sub>	h/a	1.086,5	1.086,5
Grundauslastung :	A <sub>0</sub>	%	10%	10%
Verwaltungsarbeit :	A <sub>verw.</sub>	%	60%	20%
Summe :	A <sub>var.</sub>	h/a	760,6	326,0
produktionsbezogene Arbeit :	A <sub>var.→Nm<sup>2</sup></sub>	h/TNm <sup>2</sup>	0,30	0,13
kostenmäßige Bewertung :	Lohn <sub>h</sub>	€/h	46,35	46,35
produktionsbezogene Kosten :	K <sub>var.→Nm<sup>2</sup></sub>	€/TNm <sup>2</sup>	13,74	5,89
<b>Produktionspersonal</b>				
Arbeit Gesamt :	A <sub>ges.</sub>	h/a	3.259,60	3.259,60
Grundauslastung :	A <sub>0</sub>	%	0%	0%
Produktkennzeichnung :	A <sub>Kenn.</sub>	%	13,3%	3,1%
Summe :	A <sub>var.</sub>	h/a	434,50	101,86
produktionsbezogene Arbeit :	A <sub>var.→Nm<sup>2</sup></sub>	h/TNm <sup>2</sup>	0,17	0,04
kostenmäßige Bewertung :	Lohn <sub>h</sub>	€/h	33,83	33,83
produktionsbezogene Kosten :	K <sub>var.→Nm<sup>2</sup></sub>	€/TNm <sup>2</sup>	5,73	1,34
<b>Summe variable Personalkosten :</b>				
	K <sub>var.→Nm<sup>2</sup>, Pers.</sub>	€/TNm <sup>2</sup>	19,47	7,23



... dadurch werden wesentliche Materialkosten eingespart:

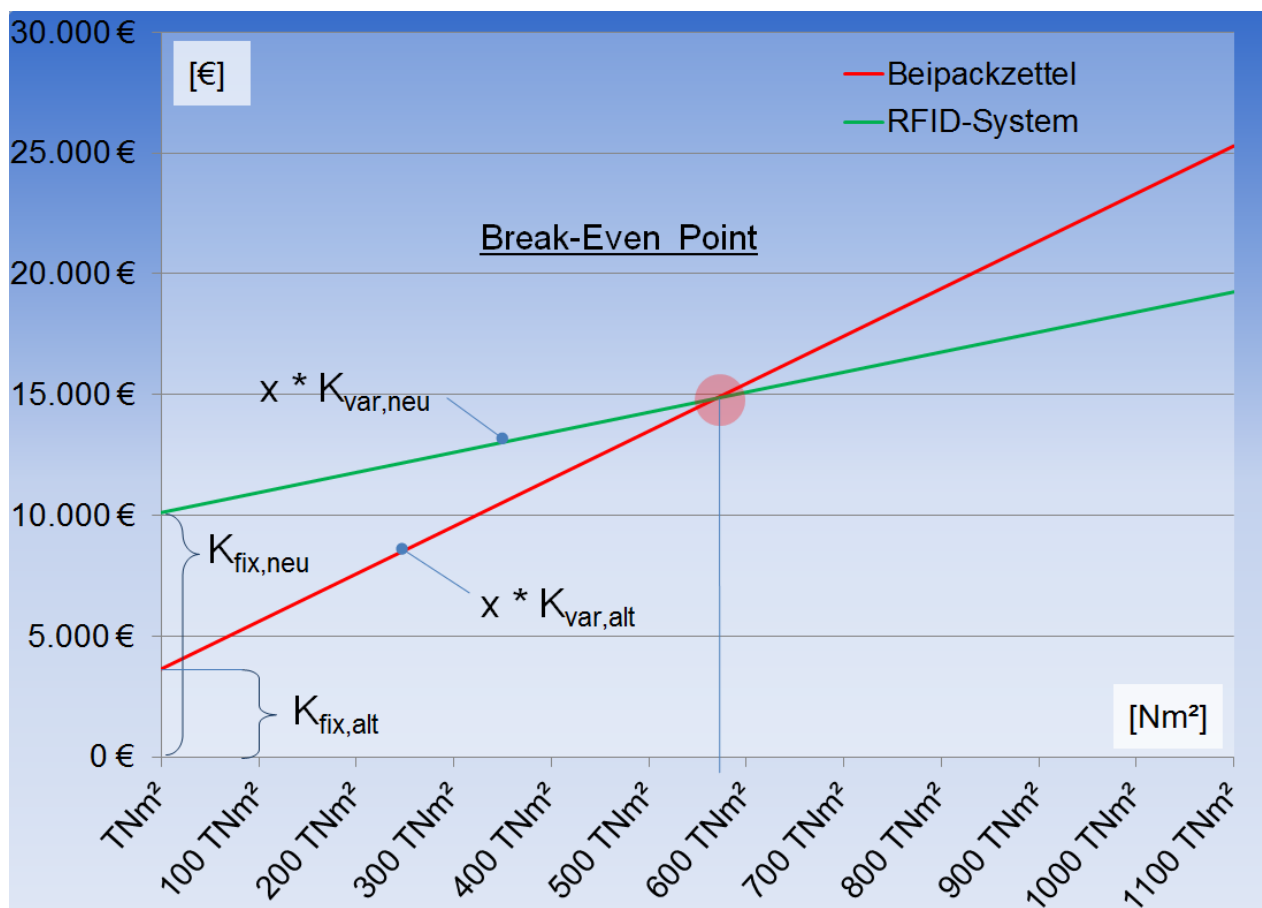
<b>Verbrauch an Kennzeichnungsmaterial</b>			<b>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</b>	<b>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</b>
<i>Betrachtung eines Standardprodukts, die Produktion einer Großtafel 2.530x1.250x8mm</i>				
Kennzeichnungsintervall :	$K_{\text{interv.}}$		pro Palette 1x	pro Platte 1x
Produkte pro Palette :	$X_{\text{Palette}}$	Stück/Palette	34	34
Kennzeichnungen pro Palette :	$K_{\text{Palette}}$	Kenn./Palette	1	1
Normquadratmeter pro Produkt :	$Nm^2$	$Nm^2/\text{Produkt}$	6,85	6,85
Kennzeichnungen pro $TNm^2$ :	$Nm^2$	Kenn./ $TNm^2$	4,29	4,29
kostenmäßige Bewertung :	$K_{\text{Kenn.}}$	€/Kenn.	0,05	0,25
produktionsbezogene Kosten :	$K_{\text{var.} \rightarrow Nm^2}$	€/ $TNm^2$	0,21	1,07
<b>Summe variable Materialkosten :</b>	<b><math>K_{\text{var.} \rightarrow Nm^2, \text{Mat.}}</math></b>	<b>€/<math>TNm^2</math></b>	<b>0,21</b>	<b>1,07</b>
<b>Sume variable Kosten gesamt :</b>	<b><math>K_{\text{var.} \rightarrow Nm^2, \text{ges.}}</math></b>	<b>€/<math>TNm^2</math></b>	<b>19,68</b>	<b>8,30</b>

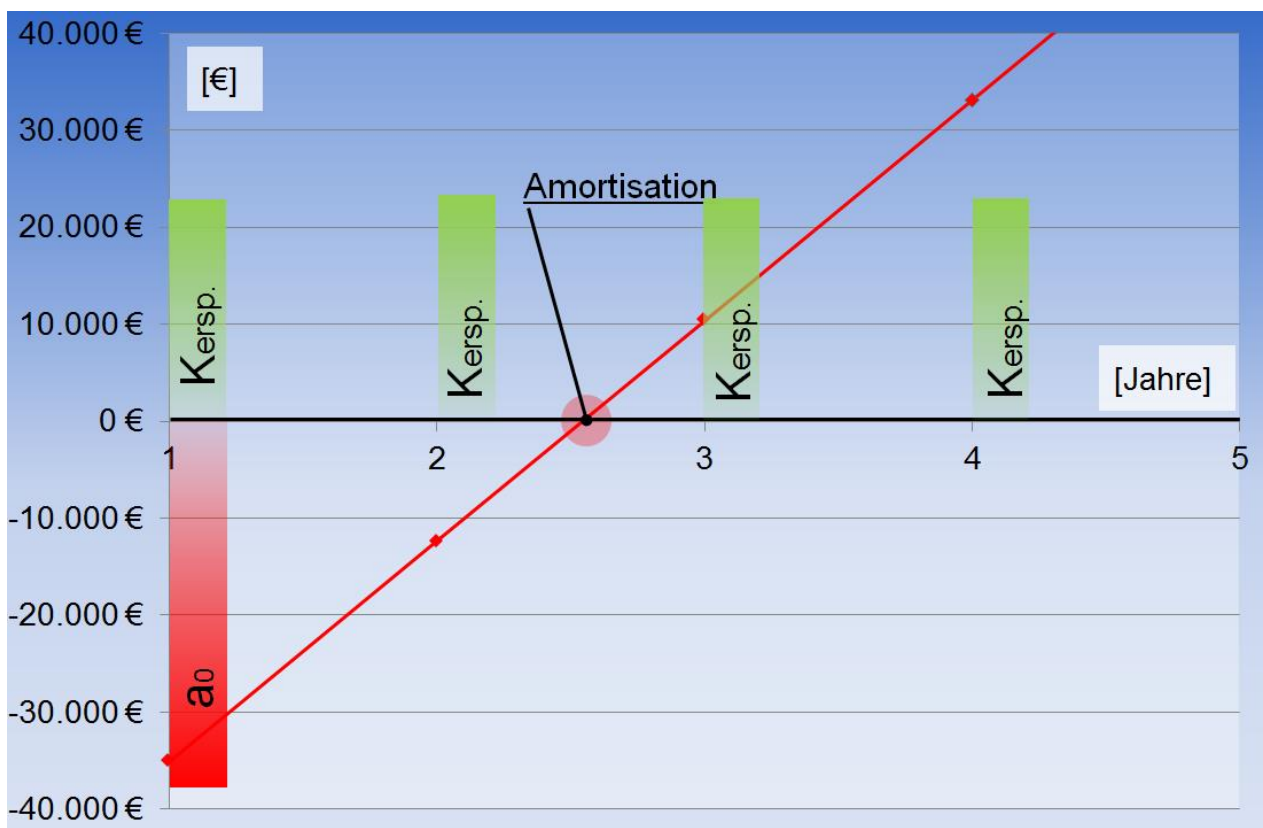
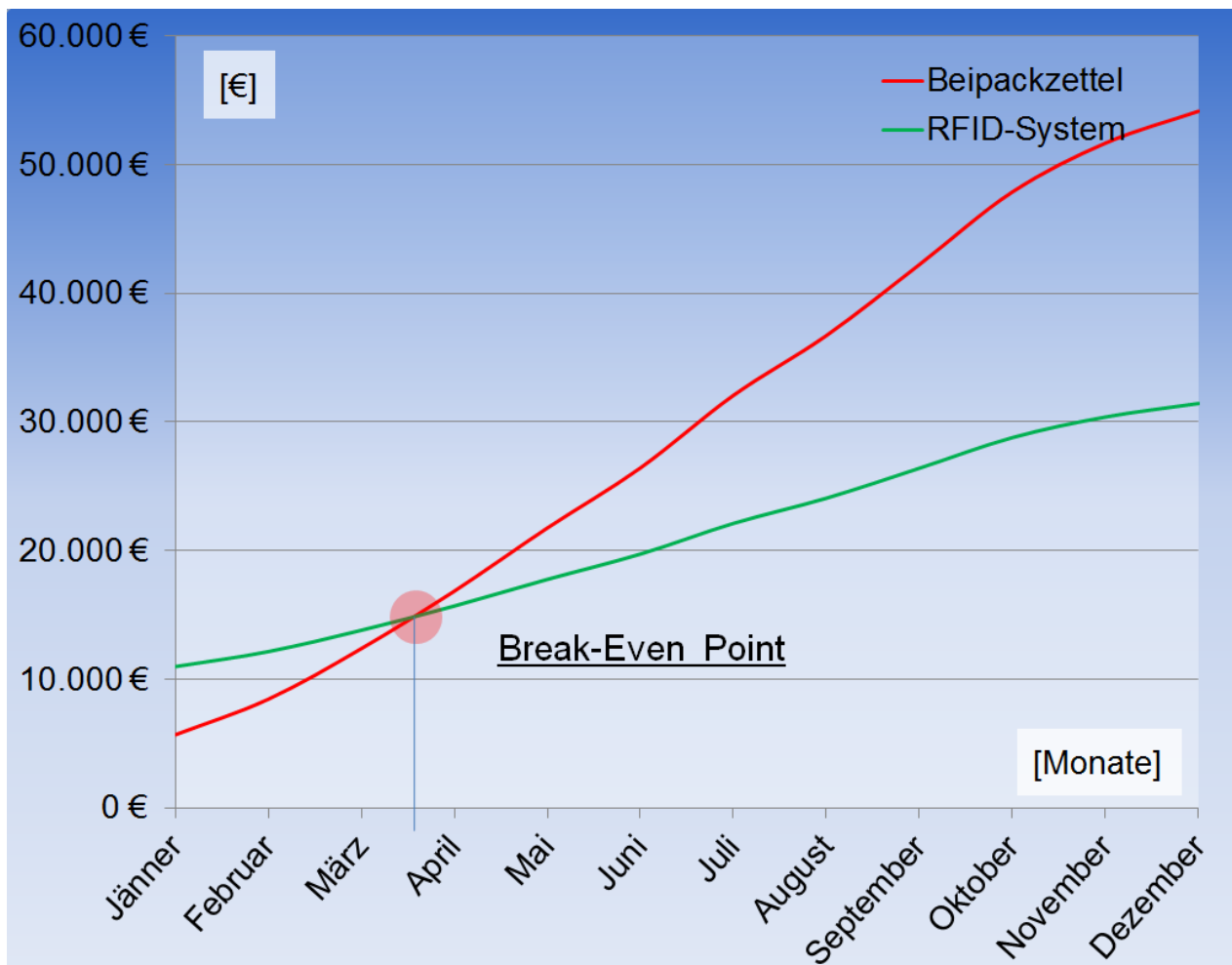
Auch der Gesamtkostenblock des neuen Investitionsobjektes wird attraktiver:

<b>Kostenvergleichsrechnung</b>			<b>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</b>	<b>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</b>
Anschaffungskosten :	$a_0$	€	16.770	57.770
Restwert :	RW	€	-	-
Auslastung :	A	$TNm^2/a$	2.566.185	2.566.185
Zinssatz :	i	%	3%	3%
Nutzungsdauer :	n	a	7	7
<b>Fixkosten</b>				
Abschreibung :	$Afa$	€	2.396	8.253
kalkulatorische Zinsen :	$i_{\text{kalk}}$	€	252	867
sonstige fixe Kosten	$K_{\text{fix, sonst}}$	€	1.000	1.000
<b>variable Kosten</b>				
Personalkosten :	$K_{\text{var.} \rightarrow Nm^2, \text{Pers.}}$	€/ $TNm^2$	19,47	7,23
Materialkosten :	$K_{\text{var.} \rightarrow Nm^2, \text{Mat.}}$	€/ $TNm^2$	0,21	1,07
sonstige variable Kosten :	$K_{\text{var, sonst}}$	€/EH	-	-
<b>Kostenvergleichsrechnung</b>			<b>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</b>	<b>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</b>
	$K_{\text{fix}}$	€/a	3.647	10.119
	$K_{\text{var}}$	€/ $TNm^2$	19,68	8,30
<b>jährliche Gesamtkosten :</b>	<b><math>K_{\text{ges.}}</math></b>	<b>€</b>	<b>54.150</b>	<b>31.427</b>

Die kritische Auslastung gibt Aufschluss über den „Break-Even Point“. Auch die Rentabilitäts- und Amortisationsbetrachtung informieren den Investor sachgemäß über die Investition:

kritische Auslastung : $A_{\text{kritisch}}$ $TNm^2$			568,9	
<b>Rentabilitätsrechnung</b>			<b>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</b>	<b>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</b>
jährliche Gesamtkosten :	$K_{\text{ges.}}$	€	54.150	31.427
jährliche Kostenersparnisse :	$K_{\text{ersp.}}$			
Kapitaleinsatz :	$D$	€		33.011
<b>Rentabilität :</b>	<b>R</b>	%		<b>69%</b>
<b>Amortisationsvergleich</b>			<b>Altes Investitionsobjekt "Beipackzettel"</b>	<b>Neues Investitionsobjekt "RFID-System"</b>
jährliche Kostenersparnisse :	$K_{\text{ersp.}}$	€	22.723	
Amortisationsvergleich :	AZ	Jahre		2,54





---

**Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel verfasst habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche gekennzeichnet.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Berg im Attergau, den 02.Juli 2014

Ing. Christian Josef Hemetsberger